



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 061 650 A1 2008.04.03**

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 061 650.2**

(22) Anmeldetag: **27.12.2006**

(43) Offenlegungstag: **03.04.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G01S 1/02 (2006.01)**
G01C 21/04 (2006.01)

(66) Innere Priorität:
10 2006 044 231.8 20.09.2006

(71) Anmelder:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach**

(72) Erfinder:
**Meyer, Steffen, 91052 Erlangen, DE; Hupp, Jürgen,
90425 Nürnberg, DE; Loidl, Karin, 89250 Senden,
DE**

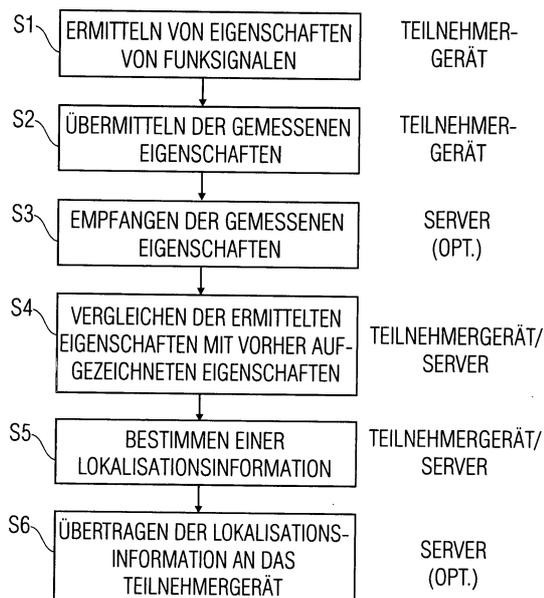
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
US 65 80 978 B1
EP 12 74 058 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Konzept zum Lokalisieren einer Position auf einem Weg**

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung zum Lokalisieren einer Position auf einem Weg, wobei entlang des Weges Funksignale von fest positionierten Funksendern empfangbar sind, mit einer Einrichtung zum Ermitteln von Eigenschaften der Funksignale der fest positionierten Funksender an der Position und einer Einrichtung zum Vergleichen der bestimmten Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die einen Referenzweg charakterisieren und zum Bestimmen einer Beziehung zwischen der Position und dem Referenzweg aufgrund eines Ergebnisses des Vergleichens.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Konzept zum Lokalisieren einer Position auf einem Weg, wobei entlang des Weges Funksignale von fest positionierten Funksendern empfangbar sind, wie es insbesondere zum Lokalisieren oder Navigieren von mobilen Endgeräten in einem drahtlosen Kommunikationsnetz eingesetzt werden kann.

[0002] Für ein Auffinden von Personen mit mobilen Endgeräten stehen verschiedene Ortungstechnologien zur Verfügung. Das wohl bekannteste System zur Lokalisierung bzw. Navigation im Outdoorbereich ist das satellitengestützte Global Positioning System (GPS). Für die Lokalisierung bzw. Navigation innerhalb von Gebäuden bzw. einem Indoorbereich sind verschiedene Ansätze bekannt, wie beispielsweise Infrarotsysteme, RFID-Systeme oder auch Feldstärkeauswertungen von IEEE 802.11 WLAN-Netzwerken (WLAN = Wireless Local Area Network). Das GPS-System ist momentan nur für den Outdoorbereich zuverlässig verfügbar. Neuere Erweiterungen, wie hochsensible Empfänger oder das so genannte A-GPS (Assisted GPS) stellen Versuche dar, die Technologie auch innerhalb von Gebäuden nutzbar zu machen. A-GPS kombiniert dabei die Nutzung des satellitenbasierten GPS-Systems mit einem Empfang so genannter Assistenzinformationen aus zellularen Mobilfunknetzen. Zur Zeit weisen diese Technologien aber noch nicht die gewünschten mittleren Genauigkeiten auf. Infrarotsystem und RFID-Systeme stehen im Allgemeinen nicht flächendeckend zur Verfügung und sind an spezifische Voraussetzungen gebunden.

[0003] Auf Grund der zunehmenden Verbreitung von drahtlosen Funknetzen, die beispielsweise auf dem WLAN-Standard basieren, bieten sich diese drahtlosen Netze als eine Basis für neue Lokalisierungsverfahren an.

[0004] Gängige, bisher verwendete Lokalisierungsverfahren basieren beispielsweise auf Triangulation, Nachbarschaftsbeziehungen, Lateration mittels Zeitmessung oder Lateration mittels Feldstärkeauswertung. Bei diesen Verfahren handelt es sich um Lokalisationsverfahren, bei denen entweder eine Position ortsfester Sender bzw. Basisstationen bekannt sein muss, oder bei denen vorher an typischen Positionen in einer von dem Lokalisierungsverfahren abzudeckenden Umgebung trainiert werden muss.

[0005] Eine Führung eines Nutzers mit einem mobilen Gerät zu einem Ziel wird im Allgemeinen durch eine Bestimmung der Position des mobilen Gerätes und der Zielposition erreicht. Aus der Relation dieser beiden Informationen kann dann ein zu durchschreitender bzw. zu durchfahrender Weg berechnet werden.

[0006] Befinden sich beispielsweise Personen mit mobilen Endgeräten oder aber auch autonome Systeme, wie beispielsweise selbst fahrende Fahrzeuge oder Roboter, in einer fremden Umgebung und möchten ohne komplizierte Wegerkklärung andere Personen, definierte Orte oder Dinge finden bzw. dorthin geführt werden oder beispielsweise zurück zu einem Ausgangspunkt geleitet werden und sind die jeweiligen aktuellen Positionen der Personen und Dinge sowie eine Karte der Umgebung nicht bekannt bzw. verfügbar, so versagen die im Vorhergehenden angesprochenen herkömmlichen Lokalisations- bzw. Navigationsverfahren.

[0007] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, ein verbessertes Konzept zum Auffinden einer Position von Personen oder Dingen zu schaffen.

[0008] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zum Lokalisieren einer Position gemäß Patentanspruch 1, 43, 44 oder 45, einem Verfahren zum Lokalisieren einer Position gemäß Patentanspruch 46, 47, 48 oder 49 oder ein Computer-Programm gemäß Patentanspruch 50 gelöst.

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass eine Position eines mobilen Funkempfängers auf einem Weg lokalisiert werden kann, wenn der Weg mittels spezifischer Umgebungsmerkmale, insbesondere mittels einer Erfassung von Eigenschaften von Funksignalen fest positionierter Funksender entlang des Weges kenntlich gemacht wird.

[0010] Dies erfolgt gemäß Ausführungsbeispielen durch ein Ermitteln der Eigenschaften der Funksignale der fest positionierten Funksender an der zu ermittelnden Position auf dem Weg, wobei gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung das Ermitteln der Eigenschaften durch Aufzeichnungs- und Auswerteverfahren auf mobilen Endgeräten oder fest installierten Servern erfolgt, die die spezifischen Umgebungsmerkmale intelligent speichern und auswerten. Zur Orientierung werden Funksignale unterschiedlicher ortsfester Funksender genutzt. Diese können gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung WLAN-, Bluetooth oder GSM-Basisstationen sein. Bei bevorzugten Ausführungsformen ist eine Sendeleistung der ortsfes-

ten Funksender konstant bzw. zumindest näherungsweise konstant. Bei einer variablen Sendeleistung, wie sie beispielsweise durch sogenannte Power-Control-Mechanismen in einem UMTS-System (UMTS = Universal Mobile Telecommunications System) oder WLAN Netz mit Power-Regelung vorkommt, kann das erfindungsgemäße Konzept eingesetzt werden, wenn eine aktuelle Sendeleistung einer Basisstation bekannt ist.

[0011] An der zu lokalisierenden Position wird gemäß Ausführungsbeispielen mit einem mobilen Funkempfänger nach Signalen ortsfester Funksender gesucht und deren Netzwerk-Kennung, wie beispielsweise eine MAC-Adresse (MAC = Media Access Control) bzw. Ethernet-ID oder Zellkennung und eine jeweilige Signalcharakteristik des von dem Funksender ausgestrahlten Funksignals, wie beispielsweise eine Empfangsfeldstärke am mobilen Funkempfänger, ein Empfangsspektrum oder ein Signalrauschabstand gespeichert. Eine einem durchschrittenen Weg entsprechende zeitliche Abfolge der Kennungen der ortsfesten Funksender mit ihren zugehörigen gemessenen Signaleigenschaften ist charakteristisch für diesen Weg bzw. Laufweg. Der Laufweg ist dabei also lediglich durch eine zeitliche Abfolge der Messwerte charakterisiert, ohne dabei eine Ortsangabe auf einer Umgebungskarte aufzuweisen, wo diese Messwerte aufgenommen wurden.

[0012] Um sich auf einen Laufweg bzw. Trail lokalisieren zu können, werden gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung die ermittelten Eigenschaften der Funksignale der fest positionierten Funksender an der momentanen Position des mobilen Geräts mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften verglichen, die einen bereits vorher begangenen Referenzweg charakterisieren, und nach Übereinstimmungen gesucht. Über die Übereinstimmungen kann eine Beziehung zwischen der Position und dem Referenzweg aufgrund eines Ergebnisses des Vergleiches der ermittelten Eigenschaften mit den vorher aufgezeichneten Eigenschaften hergestellt werden. Wichtig ist, dass der Referenzweg (wahlweise auch „Trail“) lediglich die zeitliche Abfolge der ermittelten Eigenschaften der Funksignale charakterisiert wird. Ein Referenzweg kommt insbesondere ohne jeglichen Ortsbezug (z.B. Festlegung des Weges in einem Koordinatensystem) aus.

[0013] Gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann ein Nutzer durch das Vergleichen von Eigenschaften der Funksignale an der aktuellen Position mit den vorher aufgezeichneten Eigenschaften des Referenzweges auf dem Referenzweg geführt werden.

[0014] Gemäß Ausführungsbeispielen ist eine Einrichtung zum Vergleichen und zum Bestimmen einer Beziehung zwischen der Position und dem Referenzweg ausgebildet, um ein Wahrscheinlichkeitsmaß zu ermitteln, das angibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit die aktuelle Position eines Nutzers mit mobilem Gerät auf dem Referenzweg liegt. Dabei kann der Referenzweg einen Weg bedeuten, entlang dem vorher bereits die Eigenschaften der Funksignale der fest positionierten Funksender entlang des Weges aufgezeichnet wurden.

[0015] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann der Referenzweg auch durch eine Suche von Schnittpunkten einer Mehrzahl von Wegen ermittelt werden, wobei die aktuelle Position eines Nutzers und die gefundenen Schnittpunkte einem Routing-Algorithmus, insbesondere einem auf dem Dijkstra-Algorithmus basierenden Routing-Algorithmus, zur Berechnung des Referenzweges übergeben werden. Dabei bilden die Schnittpunkte die Knoten, die Wege zwischen den Schnittpunkten die Kanten in einem Graph, auf den der Routing-Algorithmus angewendet wird. Dazu weist eine Vorrichtung zum Lokalisieren einer Position auf einem Weg gemäß Ausführungsbeispielen eine Einrichtung zum Aufbereiten der ermittelten Eigenschaften der Funksignale entlang der Wege auf, um beispielsweise RSSI-Werte (RSSI = Received Signal Strength Indication) von den von den ortsfesten Funksendern empfangenen Signalen zu filtern, insbesondere mit einem Tiefpassfilter. Ferner ist dazu eine Einrichtung zum Vergleichen ausgebildet, um einen Teil der ermittelten Eigenschaften eines ersten Weges mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften eines Referenzweges bzw. zweiten Weges zu vergleichen, wobei der Teil ermittelte Eigenschaften bedeutet, die um ein Vielfaches des vordefinierten zeitlichen Abstandes auseinander liegen, in dem die Eigenschaften ermittelt wurden.

[0016] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel schafft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zum Lokalisieren einer Position auf einem Weg, wobei entlang des Weges Funksignale von fest positionierten Funksendern empfangbar sind mit einer Einrichtung zum Messen von Eigenschaften der Funksignale der fest positionierten Funksender an der Position, einer Einrichtung zum Übermitteln der gemessenen Eigenschaften der Funksignale zu einem Server und einer Einrichtung zum Empfangen von Lokalisationsinformationen von dem Server, wobei die Lokalisationsinformationen auf einer Beziehung zwischen der Position und einem Referenzweg basieren, wobei die Beziehung durch ein Vergleichen der gemessenen Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die den Referenzweg charakterisieren, basiert. Hier kann es sich beispielsweise um einen PDA (PDA = Personal Digital Assistant) mit einer WLAN-Karte oder ein Mobiltelefon handeln, um die Eigenschaften der Funksignale zu empfangen. Die Eigenschaften der Funksignale können dann beispielsweise an einen zentralen Server übermittelt werden, um dort mit vorher aufgezeichneten und gespeicherten We-

gen verglichen zu werden, oder um durch Vergleichen eine Schnittpunktsuche einer Mehrzahl von Wegen durchführen zu können und basierend darauf einen neuen Referenzweg bzw. eine Lokalisationsinformation ermitteln zu können.

[0017] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen einen Server zum Lokalisieren einer Position auf einem Weg, wobei entlang des Weges Funksignale von fest positionierten Funksendern empfangbar sind mit einer Einrichtung zum Empfangen von Eigenschaften der Funksignale der fest positionierten Funksender an der Position und einer Einrichtung zum Vergleichen der empfangenen Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die einen Referenzweg charakterisieren, und zum Bestimmen einer Beziehung zwischen der Position und dem Referenzweg aufgrund eines Ergebnisses der Einrichtung zum Vergleichen und einer Einrichtung zum Übertragen einer Lokalisationsinformation, wobei die Lokalisationsinformation auf der Beziehung zwischen der Position und dem Referenzweg basiert.

[0018] Dabei ist der Server beispielsweise ausgebildet, um die von einem mobilen Endgerät in vordefinierten zeitlichen Abständen ΔT gemessenen Signaleigenschaften, wie beispielsweise der Netzwerk-Kennung eines sogenannten Access-Points bzw. einer Basisstation, sowie deren Empfangsfeldstärke $RSSI_k(i\Delta T)$ zu empfangen, wobei k einen Funksender und i das i -te Zeitintervall bedeutet. Die von dem Teilnehmergerät übermittelten Signaleigenschaften können dann gemäß Ausführungsbeispielen in einer zentralen Datenbank gespeichert werden, wobei die zeitliche Abfolge der gemessenen Signaleigenschaften den von dem Teilnehmergerät durchschrittenen bzw. durchfahrenen Weg charakterisiert und somit als ein Referenzweg (im Folgenden auch als „Trail“ bezeichnet) in der Datenbank abgelegt werden kann. Empfängt der Server nun erneute Messwerte von Funksignalen von einem Teilnehmer, so können bereits vorher aufgezeichnete Eigenschaften von Funksignalen aus der Datenbank herangezogen werden, um die der aktuellen Position entsprechenden Signaleigenschaften mit den vorher aufgezeichneten Signaleigenschaften eines Referenzwegs zu vergleichen. Basierend darauf kann eine Beziehung zwischen der aktuellen Position und dem Referenzweg beispielsweise in Form eines Schnittpunktes oder einer Wahrscheinlichkeit, dass sich die Position auf dem Referenzweg befindet, angegeben werden.

[0019] Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass das erfindungsgemäße Konzept zum Lokalisieren einer Position ohne Ortsbezug auskommt. Es sind also keine Karten einer Umgebung oder eine Datenerfassungsphase, wie beispielsweise das Einlernen beim so genannten RF-Fingerprinting (Datenbank mit Senderposition bei der Trilateration) nötig. Ein Benutzer kann beispielsweise durch intuitive Kommandos oder durch eine Visualisierung (beispielsweise durch Farben, die angeben, wie gut die eigene Bewegung zum Referenzweg bzw. Trail passt) oder auch durch Audiosignale geführt werden.

[0020] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass das erfindungsgemäße Konzept in seiner Bedienung auch für wenig technikversierte Nutzer leicht verständlich ist.

[0021] Wird das Vergleichen der ermittelten Eigenschaften der Funksignale an der Position mit den vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die einen Referenzweg charakterisieren, beispielsweise auf einem zentralen Server durchgeführt, werden minimale Rechenanforderungen an ein mobiles Endgerät, wie beispielsweise einem PDA, gestellt. Damit ist das erfindungsgemäße Konzept neben PDAs und Mobiltelefonen auch für Kleinstplattformen ohne Displays, wie beispielsweise drahtlosen Funkknoten in Sensornetzen, iPods, etc., einsetzbar.

[0022] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass ein erfindungsgemäßes Lokalisations- bzw. Navigationssystem, welches beispielsweise ein mobiles Endgerät und einen Server umfasst, in jeder Umgebung mit drahtlosen Netzen ohne Vorarbeiten verwendbar ist und zusätzlich vollkommen unabhängig von einer Netzwerktechnologie ist. Ein Austausch von Trail- bzw. Referenzweginformationen kann über ein beliebiges Netzwerk erfolgen. Für Anwendungen des erfindungsgemäßen Konzepts, die keine Führung zu einem Kommunikationspartner eines Nutzers beinhalten, wie z.B. ein Zurückfinden zu einem Auto, ist kein Netzwerkzugang und kein Server zum Datenaustausch notwendig, da hier sämtliche Funktionalitäten, d.h. das Ermitteln der Eigenschaften der Funksignale, das Vergleichen der ermittelten Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften und das Bestimmen der Beziehung zwischen der Position und dem Referenzweg auf dem mobilen Endgerät ablaufen können.

[0023] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung ist ein Verzicht auf Umgebungskarten mit Koordinaten, welche oftmals nicht verfügbar sind und, insbesondere für einen Innen- bzw. Indoorbereich aufwändig erstellt werden müssen. Bei herkömmlichen Leitsystemen basierend auf Lokalisierung sind Umgebungskarten notwendig, um gangbare Wege identifizieren zu können. Andernfalls würden Routen berechnet, die in der Praxis aufgrund von Hindernissen nicht als Laufwege möglich sind. Das erfindungsgemäße Konzept löst sich von die-

ser Notwendigkeit von Umgebungskarten, da nur Wege betrachtet werden, die von Benutzern schon erfolgreich durchschritten wurden. Insbesondere ist durch das erfindungsgemäße Konzept auch eine Abschätzung von realen Laufdistanzen ohne Umgebungskarten möglich.

[0024] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0025] [Fig. 1](#). Ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung eines Verfahrens zum Lokalisieren einer Position auf einem Weg gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0026] [Fig. 2](#) eine beispielhafte Folge von Messpaketen;

[0027] [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung der Funktionsweise einer Navigation mittels einer Lokalisation einer Position auf einem Weg gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0028] [Fig. 4](#) einen beispielhaften Signalverlauf eines von einem fest positionierten Funksenders empfangenen Funksignals entlang eines Weges;

[0029] [Fig. 5](#) den Signalverlauf aus [Fig. 5](#), nachdem negative Signalsprünge aus dem Signalverlauf herausgefiltert wurden;

[0030] [Fig. 6](#) einen tiefpassgefilterten Signalverlauf einer Empfangsfeldstärke eines Funksignals von einem fest positionierten Funksender vor und nach einer Interpolation gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0031] [Fig. 7](#) einen tiefpassgefilterten Signalverlauf und die zeitliche Ableitung des Signalverlaufs;

[0032] [Fig. 8](#) einen vergrößerten Signalverlauf und dessen zeitliche Ableitung zur Erläuterung einer Interpolation gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0033] [Fig. 9](#) ein Schaubild zur Erläuterung eines Algorithmus zu einer Schnittpunktsuche bzw. zum Vergleichen von ermittelten Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die einen Referenzweg charakterisieren, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0034] [Fig. 10a](#) ein Schaubild zur Erläuterung einer ersten Stufe des gezeigten Algorithmus;

[0035] [Fig. 10b](#) ein Schaubild zur Erläuterung einer zweiten Stufe des gezeigten Algorithmus gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0036] [Fig. 10c](#) ein Schaubild zur Erläuterung einer dritten Stufe des in [Fig. 10](#) gezeigten Algorithmus gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0037] [Fig. 11a](#) bis [Fig. 11c](#) Schaubilder zur näheren Erläuterung der dritten Stufe des gezeigten Algorithmus gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung;

[0038] [Fig. 12](#) ein Struktogramm zur Auswertung höherwertiger Ergebnisse des gezeigten Algorithmus gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung;

[0039] [Fig. 13](#) ein Struktogramm zur Auswertung minderwertiger Ergebnisse des gezeigten Algorithmus gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung;

[0040] [Fig. 14](#) eine Darstellung eines einzelnen Schnittpunktes zwischen zwei Referenzwegen;

[0041] [Fig. 15](#) eine Darstellung zur Erläuterung der Mittelwertbildung bei einem einzelnen Schnittpunkt zwischen zwei Referenzwegen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0042] [Fig. 16](#) eine schematische Darstellung verschiedener Bewegungsmuster bei zwei Referenzwegen;

[0043] [Fig. 17](#) eine schematische Darstellung von Clustern von [Fig. 16](#);

- [0044] [Fig. 18](#) zwei aufeinander liegende Referenzwege;
- [0045] [Fig. 19](#) eine Darstellung verschiedener Bewegungsmuster mit zwei Referenzwegen, die teilweise aufeinander liegen,
- [0046] [Fig. 20](#) eine Darstellung zur näheren Erläuterung einer Cluster-Bildung von möglichen Ergebnissen für Schnittpunkte zwischen Referenzwegen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- [0047] [Fig. 21](#) eine schematische Darstellung zur Erläuterung einer Einhaltung eines richtigen Wegablaufsinns;
- [0048] [Fig. 22](#) eine schematische Darstellung zur Erläuterung von Anforderungen an einen Leitalgorithmus;
- [0049] [Fig. 23](#) eine schematische Darstellung zur Erläuterung von Wahrscheinlichkeiten, die gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung auftreten und ausgegeben werden können;
- [0050] [Fig. 24](#) ein Blockschaltbild des Zusammenspiels zwischen Client und Server; und
- [0051] [Fig. 25](#) eine schematische Darstellung von vier Referenzwegen durch eine Halle.
- [0052] [Fig. 26a](#) bis [Fig. 26d](#) Beispiele einer intuitiven Führung durch den Leitalgorithmus, gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung.
- [0053] Bezüglich der nachfolgenden Beschreibung sollte beachtet werden, dass bei den unterschiedlichen Ausführungsbeispielen gleiche oder gleich wirkende Funktionselemente gleiche Bezugszeichen aufweisen und somit die Beschreibungen dieser Funktionselemente in den verschiedenen nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen untereinander austauschbar sind.
- [0054] Im Nachfolgenden wird anhand der [Fig. 1](#) bis [Fig. 24](#) das erfindungsgemäße Konzept zum Lokalisieren einer Position auf einem Weg beschrieben, wobei entlang des Weges Funksignale von fest positionierten Funksendern empfangbar sind. Dazu zeigt [Fig. 1](#) zunächst ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung eines Verfahrens zum Lokalisieren einer Position auf einem Weg gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.
- [0055] Das in [Fig. 1](#) gezeigte Verfahren zur Lokalisation weist einen ersten Schritt S1 des Ermitteln von Eigenschaften von Funksignalen der fest positionierten Funksender an der Position von einem mobilen Gerät bzw. Client auf. Darauf kann gemäß Ausführungsbeispielen ein zweiter optionaler Schritt S2 des Übermitteln der ermittelten Eigenschaften von Funksignalen zu einem Server folgen. Auf den optionalen Schritt S2 des Übermitteln kann ein weiterer optionaler Schritt S3 des Empfangens der übermittelten ermittelten Eigenschaften der Funksignale von dem Server erfolgen. Daraufhin folgt ein Schritt S4 des Vergleichens der ermittelten Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die einen Referenzweg charakterisieren und des Bestimmens einer Beziehung zwischen der Position und dem Referenzweg aufgrund eines Ergebnisses des Vergleichens. Aufgrund eines Resultats des Schritts S4 wird gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in einem Schritt S5 eine Lokalisationsinformation bestimmt, wobei die Lokalisationsinformation auf der Beziehung zwischen der Position und dem Referenzweg basiert. Schließlich kann gemäß Ausführungsbeispielen in einem Schritt S6 die Lokalisationsinformation beispielsweise von dem zentralen Server an den Client übermittelt werden.
- [0056] Der Schritt S1 des Ermitteln der Eigenschaften von Funksignalen wird gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung von einem Client durchgeführt, wie beispielsweise einem WLAN-fähigen PDA, einem Bluetooth-fähigen PDA oder z.B. auch einem Mobiltelefon. Dazu weist der Client eine Einrichtung zum Ermitteln bzw. Messen der Eigenschaften der Funksignale fest positionierter Funksender auf, wobei die Eigenschaften im Allgemeinen gekennzeichnet sind durch eine Kennung eines fest positionierten Funksenders und dessen Signalcharakteristik, wie beispielsweise eine Empfangsfeldstärke, ein Empfangsspektrum oder ein empfangener Signalrauschabstand. Die Kennung bzw. ein identifizierendes Merkmal eines fest positionierten Funksenders kann beispielsweise seine MAC-Adresse oder eine Zellkennung sein.
- [0057] Bei einer Bewegung entlang eines Weges bzw. entlang eines Laufweges werden die Eigenschaften der Funksignale der fest positionierten Funksender in vordefinierten zeitlichen Abständen ΔT ermittelt und entsprechend ihrer Ermittlungszeit $t = i\Delta T$ in so genannten Messpaketen zusammengefasst. Dieser Sachverhalt

ist in [Fig. 2](#) gezeigt.

[0058] [Fig. 2](#) zeigt beispielhaft drei zeitlich aufeinander folgende Messpakete aus einem WLAN Netzwerk $MP(1)$, $MP(2)$, $MP(3)$, d.h. $i = 1, 2, 3$, wobei ein Messpaket $MP(i)$ jeweils eine Mehrzahl von MAC-Adressen **22** und zugehörigen RSSI-Werten $RSSI_k(i)$ aufweist, wobei der Index k auf den k -ten Funksender hindeutet. Das heißt, pro Zeitintervall i , welches gemäß Ausführungsbeispielen in einem Bereich von 10 Millisekunden bis 10 Sekunden liegen kann, werden die MAC-Adressen der fest positionierten Funksender, sowie deren vom Client empfangene RSSI-Werte $RSSI_k(i)$ in einem Messpaket $MP(i)$ zusammengefasst.

[0059] Die elektromagnetischen Eigenschaften an jeder Position bzw. jedem Messpunkt werden als so genannter Radio-Fingerabdruck bezeichnet, da sie diesen Messpunkt meist eindeutig identifizieren. Wird von einem Client ein Weg abgelaufen und entlang dieses Weges zu den Zeitpunkten $t = i\Delta T$ die Messpakete $MP(i)$ aufgezeichnet, so charakterisieren diese Messpakete $MP(i)$ eindeutig den durchschrittenen Laufweg. Dies ist anhand von [Fig. 3](#) exemplarisch gezeigt.

[0060] In [Fig. 3](#) bewegen sich zwei Clients A und B beispielsweise innerhalb eines Gebäudes. Der mit dem Bezugszeichen **30** gekennzeichnete Weg verbindet die Positionen der Clients A, B und die Position des Schnittpunkts SP der beiden Wege miteinander. Die mit dem Bezugszeichen **32** gekennzeichnete Linie kennzeichnet den Laufweg von Client A und die mit Bezugszeichen **34** gekennzeichnete Linie kennzeichnet den Laufweg des Clients B.

[0061] Ein Laufweg bzw. ein Trail stellt eine Gesamtheit aller in der Reihenfolge ihrer Entstehung ermittelten Messpakete $MP(i)$ dar. Ein Messpaket $MP(i)$ wiederum stellt die elektromagnetischen Eigenschaften desjenigen Ortes dar, an dem es angefragt bzw. gemessen wurde. Beispielsweise wird alle $\Delta T = 200$ ms ein neues Messpaket $MP(i)$ ermittelt. Über die Trails **32** und **34** besteht eine Verbindung zwischen den Strecken $[A, SP]$ und $[B, SP]$. Dadurch stehen die Positionen der Clients A, B und des Schnittpunkts SP in bestimmten Relationen zueinander. Dies ist beispielsweise eine Anzahl der Messpakete bzw. eine daraus ableitbare Zeit. Setzt man beispielsweise die Position von Client A auf eine Koordinate 0, so ergibt sich die Koordinate von SP aus der Anzahl von Messpaketen von A nach SP und die Koordinate von B aus der Anzahl von Messpaketen von A nach SP plus der Anzahl von Messpaketen von SP nach B.

[0062] Da die in [Fig. 3](#) gezeigten Positionen von A, B und SP über Trails, charakterisiert durch Messpakete $MP(i)$ verbunden sind und ein Messpaket $MP(i)$ eine geographische Position zumindest indirekt widerspiegelt, sollte also eine erste Bedingung, über die sich im Allgemeinen Navigation definiert, nämlich eine Fähigkeit eine geographische Position bestimmen zu können, erfüllt sein. Eine zweite Bedingung verlangt, dass ein Leitweg zwischen A und B errechnet wird. Schließlich verlangt eine dritte Bedingung eine Führung von A und B. Sowohl die Berechnung des Leitweges als auch die Führung durch einen Leitalgorithmus wird im Nachfolgenden noch beschrieben. Gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann ein Client die von ihm ermittelten Messpakete, gemäß dem optionalen Schritt S2, beispielsweise einem zentralen Server übermitteln. Empfängt der Server die ihm von dem Client übermittelten charakteristischen Eigenschaften (optionaler Schritt S3), so kann dieser die ermittelten Eigenschaften mit bereits vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die einen bereits durchschrittenen Referenzweg charakterisieren vergleichen und eine Beziehung zwischen der Position und dem Referenzweg aufgrund eines Ergebnisses des Vergleichens bestimmen (Schritt S4). Dazu weist ein Client gemäß Ausführungsbeispielen eine Einrichtung zum Messen von Eigenschaften von Funksignalen der fest positionierten Funksender an der Position, eine Einrichtung zum Übermitteln der gemessenen Eigenschaften zu einem Server und ferner einer Einrichtung zum Empfangen von einer Lokalisierungsinformation von dem Server auf, wobei die Lokalisierungsinformationen auf einer Beziehung zwischen der Position und einem Referenzweg basieren, wobei die Beziehung durch ein Vergleichen der gemessenen Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die den Referenzweg charakterisieren, basiert. Ein Server weist dementsprechend gemäß Ausführungsbeispielen eine Einrichtung zum Erhalten von Eigenschaften von Funksignalen der fest positionierten Funksender an der Position und eine Einrichtung zum Vergleichen der bestimmten Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die einen Referenzweg charakterisieren und zum Bestimmen einer Beziehung zwischen der Position und dem Referenzweg aufgrund eines Ergebnisses des Vergleichens, auf.

[0063] Das erfindungsgemäße Konzept kann beispielsweise dazu benutzt werden, dass sich Kommunikationspartner mit Endgeräten mit beispielsweise einer IEEE 802.11 WLAN-Schnittstelle in einem begrenzten Areal gegenseitig auffinden können. Dazu ist auf dem begrenzten Areal ein WLAN-Netzwerk installiert. Die Endgeräte können also miteinander kommunizieren und zusätzlich eine Empfangsfeldstärke von Basisstationen bzw. Access-Points bestimmen. Die Kommunikation kann jedoch auch über eine beliebige andere Technologie

erfolgen. Das gegenseitige Auffinden erfolgt durch einen Abgleich bzw. Vergleich von Empfangsfeldstärken. Durch Informationen über ungefähre bzw. genaue Positionen und eventuell zur Verfügung gestellten Kommunikationsmöglichkeiten wird ein gegenseitiges Auffinden ermöglicht. Dabei werden durch einen Vergleich der Historie von Messwerten bzw. Messpaketen $MP(i)$ zweier Kommunikationspartner (Clients) Schnittpunkte zwischen den jeweiligen Laufwegen bzw. Trails der Clients ermittelt, um anschließend beide Clients auf kürzestem Wege zusammenführen zu können, so wie es schematisch in [Fig. 3](#) gezeigt ist.

[0064] Grundsätzlich ist mit einer Suche nach Schnittpunkten SP eine Suche nach ähnlichen Messpaketen in den breiten Laufwegen gemeint. Ein Schnittpunkt definiert somit einen Ort bzw. eine Position, an der beide Clients A und B schon einmal gewesen sind.

[0065] [Fig. 2](#) zeigt eine Ausgangssituation für einen Schnittpunktsuche, nämlich einen Trail in seinem Rohformat aus Messpaketen $MP(i)$. Wie im Vorhergehenden bereits beschrieben wurde, ist eine Information über den Abstand in Form einer Anzahl an Messpaketen zwischen dem Punkt A und SP sowie B und SP wichtig für eine Navigation bzw. eine indirekte Lokalisierung. Deshalb wird jedes Messpaket $MP(i)$ zunächst um die Nummer i seiner Position innerhalb des Trails erweitert.

[0066] Betrachtet man einen Signalverlauf des empfangenen RSSI-Wertes in dBm eines fest positionierten Funksenders bzw. Access-Points k , ergibt sich ein Verlauf, so wie er beispielhaft in [Fig. 4](#) dargestellt ist. Auf der Abszisse der [Fig. 4](#) sind die Positionsnummern i (Messungsnummer) der Messpakete $MP(i)$ aufgetragen. Diese Werte lassen sich auch direkt in eine Zeit umrechnen, da bei einem Messintervall von beispielsweise $\Delta T = 200$ ms in einer Sekunde genau fünf Messpakete ermittelt werden.

[0067] In dem in [Fig. 4](#) dargestellten Signalverlauf ist ein gewisses Rauschen festzustellen, welches sich negativ auf Ergebnisse einer anschließenden Schnittpunktsuche auswirkt. Dies begründet sich darin, dass bei der Suche nach ähnlichen Messpaketen in einem Referenzweg die RSSI-Werte $RSSI_k(i)$ von jeweiligen Access-Points k eines Messpakets miteinander verglichen werden. Die eigentlich relevante Information steckt in der Hüllkurve des RSSI-Signals weshalb es auch das Ziel einer Signalaufbereitung ist, sich so gut wie möglich an diese Hüllkurve anzunähern. Die Aufbereitung findet gemäß Ausführungsbeispielen mittels einer Einrichtung zum Aufbereiten der ermittelten Eigenschaften der Funksignale statt. Dabei kann sich die Einrichtung zum Aufbereiten, je nach Anwendung, auf Seite des Clients, auf Seite des Servers oder auf beiden Seiten befinden.

[0068] Es ist wichtig, dass sich sowohl Signalverläufe $RSSI_k(i)$ der einzelnen Access-Points k eines Laufwegs nicht in ihrer Länge unterscheiden, als auch dass jeder Messungsnummer i ein RSSI-Wert $RSSI_k(i)$ zugeordnet wird. Der in [Fig. 4](#) durch das Bezugszeichen **40** beispielhaft gekennzeichnete Fall „negativer Sprung“ tritt beispielsweise dann auf, wenn ein Access-Punkt wegen einer Überlastung kein entsprechendes Funksignal für die Ermittlung des RSSI-Werts am Client zur Verfügung stellen kann. Tritt dieser Fall ein, so ist die Einrichtung zum Aufbereiten gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ausgebildet, um für diese Lücke einen so genannten Default-Wert einzusetzen. Das heißt, die Einrichtung zum Aufbereiten ist ausgebildet, um einem Funksignal eines ortsfesten Funksenders eine vorbestimmte Signaleigenschaft zuzuordnen, falls von dem Funksender keine Signaleigenschaft ermittelbar ist, um jeweils eine gleiche Anzahl von ermittelten Eigenschaften pro Zeitintervall für verschiedene Funksender an der Position zu erhalten. Handelt es sich bei der Signaleigenschaft um RSSI-Werte und bei dem Funksender um einen WLAN-Access-Point, so wird gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung als Default-Wert beispielsweise -90 dBm eingesetzt. Außerdem wird, falls ein Access-Point innerhalb eines Laufweges nur kurz sichtbar ist, an allen weiteren Messzeitpunkten dieser Default-Wert als Messwert für diesen Access-Point gesetzt. Dadurch kann gewährleistet werden, dass sämtliche gemessene Signalverläufe von verschiedenen Access-Points eine gleiche Länge aufweisen.

[0069] Ein in [Fig. 4](#) durch Bezugszeichen **40** gekennzeichnete Fall „negativer Sprung“ ist gemäß Ausführungsbeispielen dadurch gekennzeichnet, dass sich zwei benachbarte RSSI-Werte $RSSI_k(i)$ und $RSSI_k(i + 1)$ insofern unterscheiden, dass der RSSI-Wert an der Stelle $i + 1$ um wenigstens einem vorbestimmten Wert kleiner ist als der RSSI-Wert an der Stelle i . Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beträgt der vorbestimmte Wert $\Delta RSSI_k = 12$ dB. Um sicherstellen zu können, dass lediglich relativ schmale bzw. kurze „Ausreißer“ nach unten ausgefiltert werden, wiederholt sich ein Gleichsetzen von zwei benachbarten RSSI-Werten $RSSI_k(i)$ und $RSSI_k(i + 1)$ gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung nur maximal zweimal hintereinander um den negativen Sprung herauszufiltern, selbst wenn die Bedingung $RSSI_k(i + 1) < (RSSI_k(i) - \Delta RSSI_k)$ weiterhin erfüllt wäre.

[0070] Ein Signalverlauf, bei dem negative Sprünge, wie im Vorhergehenden beschrieben wurde, durch eine

Signalaufbereitung herausgefiltert wurden, ist beispielhaft in [Fig. 5](#) dargestellt. [Fig. 5](#) zeigt den RSSI-Signalverlauf von [Fig. 4](#), jedoch ohne die negativen Signalsprünge auf den Default-Wert von -90 dBm. Dies ist beispielhaft durch das Bezugszeichen **50** gekennzeichnet, wo $RSSI_k(i) = RSSI_k(i + 1)$ gilt.

[0071] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung weist die Einrichtung zum Aufbereiten einen Tiefpassfilter auf, um die in [Fig. 5](#) gezeigte RSSI-Signalkurve mittels des Tiefpassfilters glätten zu können. Die Aufgabe des Tiefpassfilters ist es, unerwünschte Rauschteile aus dem Signal zu entfernen. Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird als Tiefpassfilter ein diskret realisierter Butterworth-Tiefpass **2.** Ordnung verwendet. Ein Butterworth-Tiefpass zeichnet sich dadurch aus, dass dessen Übertragungsfunktion unterhalb einer Grenzfrequenz f_g relativ lange horizontal verläuft und dann erst stark abfällt. Dies ist vorteilhaft, um auch bei einer kleinen Ordnung des Butterworth-Tiefpassfilters die Grenzfrequenz f_g möglichst tief ansetzen zu können. Gemäß Ausführungsbeispielen liegt die Grenzfrequenz f_g in einem Bereich von $0,2$ Hz bis $0,3$ Hz. Die in [Fig. 5](#) mit dem Bezugszeichen **52** gekennzeichnete Kurve beschreibt den Signalverlauf des tiefpassgefilterten, verrauschten Signals **54**, bei dem negative Sprünge **40** bereits entfernt worden sind, wie es im Vorhergehenden beschrieben wurde.

[0072] WLAN-Karten weisen zuweilen das Problem auf, das für eine gewisse Zeit keine Feldstärkemessungen durchgeführt werden. Von einer WLAN-Karte wird in diesem Fall jedoch so lange der zuletzt ermittelte RSSI-Wert defaultmäßig gesetzt, bis die Feldstärkemessung wieder funktioniert. Dieses Problem einer größeren Messlücke ist in [Fig. 4](#) mit dem Bezugszeichen **42** gekennzeichnet. Aufgrund der Tatsache, dass eine WLAN-Karte in dem Messlückenbereich **42** nicht richtig arbeitet, zeigt sich so eine Messlücke in den jeweiligen RSSI-Signalverläufen $RSSI_k(i)$ von allen in Reichweite der WLAN-Karte befindlichen Access-Points. Dieses Problem ist am deutlichsten ersichtlich, wenn ein Verlauf **52** eines bereits tiefpassgefilterten RSSI-Signals betrachtet wird, wie er in [Fig. 6](#) gezeigt ist.

[0073] Der Signalverlauf **52** beschreibt hier fälschlicherweise einen Einbruch **60** des Signals aufgrund einer Messlücke durch einen Messausfall, welcher Ergebnisse der nachfolgenden Schnittpunktsuche stark beeinflussen würde. Um eine Verfälschung der Schnittpunktsuche vermeiden zu können, sollten solche Signaleinbrüche **60** aufgrund von Messausfällen erkannt werden und ein Signalverlauf an diesen Stellen entsprechend interpoliert werden, wie es durch Bezugszeichen **62** dargestellt ist. Damit eine solche zusätzliche Interpolation durchgeführt werden kann, ist weist die Einrichtung zum Aufbereiten ferner eine Einrichtung zum Interpolieren des mittleren Signalverlaufs. Dabei sollte zunächst der genaue Bereich eines solchen durch eine Messlücke entstehenden Bereichs sicher erkannt werden. Kennzeichnend für diese Stellen sind verhältnismäßig große Neigungen im Signalverlauf (in [Fig. 6](#) zwischen Messungsnummer $i = 40$ bis $i = 60$ und $i = 65$ bis $i = 80$), was auf hohe Werte der ersten Ableitung des Signalverlaufs **52** nach der Zeit schließen lässt.

[0074] [Fig. 7](#) zeigt einen Signalverlauf **70** mit einer mit Bezugszeichen **72** gekennzeichneten großen Lücke. Des Weiteren zeigt [Fig. 7](#) den Verlauf der ersten Ableitung nach der Zeit des Signals **70**, gekennzeichnet mit dem Bezugszeichen **74**.

[0075] Für einen Anfangs- und einen Endwert einer Interpolationsgeraden bei einer großen Lücke im Signalverlauf **70** werden entsprechende Wendepunkte im Signalverlauf benötigt. Diese Wendepunkte können ebenfalls durch Detektion von Nulldurchgängen im Signalverlauf der ersten Ableitung **74** ermittelt werden.

[0076] Wie gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ein Messlückenbereich für eine Interpolation gefunden werden kann, soll im Nachfolgenden anhand von [Fig. 8](#) näher erläutert werden.

[0077] Dazu zeigt [Fig. 8](#) einen vergrößerten Ausschnitt der Signalverläufe **70** und **74** aus [Fig. 7](#), wobei der Signalverlauf **70** der Verlauf der tiefpassgefilterten RSSI-Werte ist und der Verlauf **74** die entsprechende erste Ableitung des Signalverlaufs **70** ist. [Fig. 8](#) zeigt einen ersten Nulldurchgang $ndg1$, einen zweiten Nulldurchgang $ndg2$ und einen dritten Nulldurchgang $ndg3$ aus dem Signal **74** der Ableitung. Des Weiteren zeigt [Fig. 8](#) ein Maximum $maxAbl$ zwischen dem zweiten Nulldurchgang $ndg2$ und dem dritten Nulldurchgang $ndg3$ aus dem Signal **74** der Ableitung und ein Minimum $MinAbl$ zwischen dem ersten Nulldurchgang $ndg1$ und dem zweiten Nulldurchgang $ndg2$ des Signals **74** der Ableitung.

[0078] Um einen Messlückenbereich für die Interpolation zu finden, wird gemäß Ausführungsbeispielen zwischen drei benachbarten Nulldurchgängen $ndg1$, $ndg2$ und $ndg3$ ein Minimum $MinAbl$ und ein Maximum $maxAbl$ des Signals **74** der Ableitung gesucht. Voraussetzung für eine Interpolation ist die Erfüllung von zwei Bedingungen.

[0079] Sind MaxAbl und MinAbl jeweils größer bzw. kleiner als bestimmte Grenzwerte, gilt eine erste Beziehung als erfüllt. Gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung sind die verwendeten Kriterien $\text{MaxAbl} > X_1$ und $\text{MinAbl} < X_2$ oder $\text{MaxAbl} > X_3$ und $\text{MinAbl} < X_4$.

[0080] Mit anderen Worten ausgedrückt weist die Einrichtung zum Aufbereiten also ferner eine Einrichtung zum Interpolieren des mittleren Signalverlaufs **70** auf, wobei die Einrichtung zum Interpolieren ausgebildet ist, um den mittleren Signalverlauf **70** zu interpolieren, wenn ein Maximum maxAbl zwischen einem zweiten ndg2 und dritten Nulldurchgang ndg3 der Ableitung **74** des Signalverlaufs größer als X_1 und ein Minimum minAbl zwischen einem ersten ndg1 und dem zweiten Nulldurchgang ndg2 der Ableitung **74** des Signalverlaufs kleiner als X_2 oder das Maximum (maxAbl) zwischen dem zweiten ndg2 und dritten Nulldurchgang ndg3 der Ableitung **74** des Signalverlaufs größer als X_3 und das Minimum (minAbl) zwischen dem ersten ndg1 und zweiten Nulldurchgang ndg2 der Ableitung **74** des Signalverlaufs kleiner als X_4 ist.

[0081] Gemäß Ausführungsbeispielen gilt $X_1 = 0,5$, $X_2 = -1$, $X_3 = 1$ und $X_4 = -0,5$. Natürlich sind hier auch andere Werte denkbar.

[0082] Um die zweite Bedingung zu erfüllen, ist eine Summe $d_1 + d_2$ größer sein als beispielsweise 10 dB, damit nur größere Lücken bearbeitet werden, wobei $d_1 = |\text{RSSI}_m| - |\text{RSSI}_{\text{Start}}|$ und RSSI_m den RSSI-Wert des Signals **70** an dem zweiten Nulldurchgang ndg2 aus dem Signal **74** der Ableitung bedeutet und $\text{RSSI}_{\text{Start}}$ den RSSI-Wert des Signals **70** an der Stelle des ersten Nulldurchgangs ndg1 aus dem Signal **74** der Ableitung für den Start der Interpolation bedeutet. d_2 ergibt sich aus $d_2 = |\text{RSSI}_m| - |\text{RSSI}_{\text{Ende}}|$, wobei $\text{RSSI}_{\text{Ende}}$ den RSSI-Wert des Signals **70** an der Stelle des dritten Nulldurchgangs ndg3 aus dem Signal **74** der Ableitung für das Ende der Interpolation bedeutet.

[0083] Sind beide vorher genannten Kriterien erfüllt, kann die Interpolation durchgeführt werden. Umgesetzt wird dies gemäß Ausführungsbeispielen durch das Ersetzen aller RSSI-Werte in einem Bereich zwischen dem Start i_{Start} der Interpolation entsprechend der Messungsnummer für den ersten Nulldurchgang ndg1 und dem Ende i_{Ende} der Interpolation entsprechend der Messungsnummer für den Nulldurchgang ndg3 mit errechneten RSSI-Werten gemäß

$$\text{RSSI}(i) = \text{RSSI}_{\text{Start}} + \frac{(\text{RSSI}_{\text{Ende}} - \text{RSSI}_{\text{Start}})}{(i_{\text{Ende}} - i_{\text{Start}})} \cdot (i - i_{\text{Start}}) \quad (1)$$

[0084] Die Nulldurchgänge des Signals **74** im Bereich von Messungsnummer **110** in [Fig. 8](#) werden gemäß Ausführungsbeispielen nicht berücksichtigt, da sonst die erforderliche Interpolation nicht richtig ausgeführt würde. Um dies zu erkennen, wird der Abstand zwischen zwei benachbarten Nulldurchgängen gewertet. Ist der Abstand zu klein, so werden diese Nulldurchgänge vorgemerkt. In Abhängigkeit davon, ob die Anzahl der zu nahe beieinander liegenden Nulldurchgänge gerade oder ungerade ist, werden entweder alle entfernt oder es wird auf einen Nulldurchgang reduziert. Im in [Fig. 8](#) gezeigten Fall ist die Anzahl zwei (bei steigender und fallender Flanke) und daher werden beide Nulldurchgänge aus der Menge der Nulldurchgänge entfernt.

[0085] Wie im Vorhergehenden bereits beschrieben wurde, kann es sich bei der Position auf einem Weg auch um einen Schnittpunkt zwischen zwei Wegen handeln. Soll ein Schnittpunkt SP zwischen zwei Wegen bzw. Trails gefunden werden, kann prinzipiell jedes Messpaket $\text{MP}_1(i)$ aus einem ersten Weg mit jedem Messpaket $\text{MP}_2(i)$ aus einem zweiten Weg verglichen werden. Dies kann unter Umständen sehr rechenaufwändig sein. Daher wird gemäß Ausführungsbeispielen bei dem Vergleichen der ermittelten Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften lediglich einen Teil der ermittelten Eigenschaften mit den vorher aufgezeichneten Eigenschaften eines Referenzweges verglichen, wobei der Teil ermittelter Eigenschaften bedeutet, die um ein Vielfaches des vordefinierten zeitlichen Abstandes ΔT auseinander liegen, in denen die Eigenschaften ermittelt wurden. Beispielsweise wird also nur jedes zehnte Messpaket des ersten Weges in den gesamten Messpaketen des zweiten Weges gesucht. Dazu zeigt [Fig. 9](#) schematisch eine Vorgehensweise zum Vergleichen bzw. zur Schnittpunktsuche gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0086] [Fig. 9](#) zeigt drei Stufen eines Schnittpunktalgorithmus bzw. SP-Algorithmus, der bei dem Schritt S4 des Vergleichens von einer Einrichtung zum Vergleichen ausgeführt wird.

[0087] Einer ersten Stufe **90** wird ein gesuchtes Messpaket $\text{gesMP } \mathbf{92}$ eines ersten Laufweges und eine Gesamtheit aller Messpakete $\text{MP}^* \mathbf{96}$ des zweiten Weges zugeführt. Durch einen Vergleich von dem gesuchten Messpaket $\text{gesMP } \mathbf{92}$ mit den Messpaketen $\text{MP}^* \mathbf{94}$ des zweiten Weges bzw. des Referenzweges werden am Ausgang der ersten Vergleichsstufe **90** Ergebnismengen EM1a und EM1b zur Verfügung gestellt, wobei die

Ergebnismenge EM1a eine niedrigere Qualität aufweist als die Ergebnismenge EM1b.

[0088] Gemäß Ausführungsbeispielen kann einer zweiten Vergleichsstufe **98** die Ergebnismenge EM1a zugeführt werden, um die Messpakete der Ergebnismenge EM1a mit dem gesuchten Messpaket gesMP **92** zu vergleichen und daraufhin am Ausgang der zweiten Vergleichsstufe **98** eine Ergebnismenge EM2 bereitzustellen.

[0089] Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann die Ergebnismenge EM1a der ersten Vergleichsstufe **90** zusammen mit dem gesuchten Messpaket gesMP **92** einer dritten Vergleichsstufe **102** zugeführt werden und an deren Ausgang eine Ergebnismenge EM3a und eine weitere Ergebnismenge EM3b zu erhalten, wobei die Ergebnismenge EM3b eine höhere Qualität aufweist als die Ergebnismenge EM3a.

[0090] Jede der drei Vergleichsstufen **90**, **98**, **102** benötigt an ihrem Eingang das gesuchte Messpaket gesMP **92** und eine Menge aus Messpaketen, mit welcher gesMP verglichen werden kann. Besteht ein bestimmter Grad an Ähnlichkeit von einem Messpaket MP* aus der Menge von Messpaketen zu gesMP, so geht das jeweilige Messpaket MP* aus der Referenzmenge in die Ergebnismenge der jeweiligen Stufe ein. Das Referenzmesspaket MP* wird um eine Information seiner Ähnlichkeit erweitert, was durch die unterschiedlichen Teilmengen a und b am Ausgang der ersten Vergleichsstufe **90** und der dritten Vergleichsstufe **102** gekennzeichnet ist. Die Teilergebnismenge b beschreibt hier jeweils eine höhere Qualität als die Teilergebnismenge a. Es sollte beachtet werden, dass der zweiten **98** und der dritten Vergleichsstufe **102** jeweils sämtliche Ergebnisse der ersten Vergleichsstufe **90** übergeben werden. Die drei Vergleichsstufen unterscheiden sich durch die Art und Weise ihrer Filtermethoden, wobei die Filterkriterien der ersten Vergleichsstufe **90** deutlich weicher sind. Die erste Vergleichsstufe **90** dient darum eher als Vorstufe für die beiden anderen Vergleichsstufen **98** und **102**. Da sich die zweite Vergleichsstufe **98** und die dritte Vergleichsstufe **102** grundsätzlich in ihren Arbeitsweisen unterscheiden, können die jeweiligen Ergebnisse von der jeweils anderen Stufe verifiziert werden. Wenn möglich, werden gemäß Ausführungsbeispielen die Ergebnisse der zweiten Vergleichsstufe **98** weiterverwendet. Prinzipiell wird stets das Ergebnis mit der höchsten Qualität bevorzugt.

[0091] Im Nachfolgenden sollen anhand der [Fig. 10a-c](#) die Arbeitsweisen der einzelnen Stufen **90**, **98** und **102** und die anschließenden Auswertung der Ergebnisse erläutert werden.

[0092] [Fig. 10a](#) zeigt eine Darstellung eines gesuchten Messpaketes gesMP **92** und eines Messpaketes MP* aus der Referenzmenge **94**.

[0093] Wie im Vorhergehenden bereits beschrieben wurde, zeichnet sich gemäß Ausführungsbeispielen die erste Vergleichsstufe **90** durch relativ weiche Filterkriterien aus und bildet eine Ergebnismenge EM1, mit der die zweite Vergleichsstufe **98** und die dritte Vergleichsstufe **102** weiterarbeiten können. Dabei umfasst EM1 die beiden Ergebnismengen EM1a und EM1b. In [Fig. 10a](#) sind aus gesMP und MP* nur diejenigen Access-Points dargestellt, deren RSSI-Werte zu den N höchsten des jeweiligen Messpakets zählen. Gemäß Ausführungsbeispielen wird N = 5 gewählt. Zudem sind sie entsprechend absteigend sortiert, so dass der Access-Point mit dem höchsten RSSI-Wert am weitesten oben steht. Zur Vereinfachung der Darstellung werden im Folgenden sowohl gesMP als auch MP* auf jeweils fünf Access-Punkte reduziert, wobei natürlich auch jeweils mehr oder weniger Access-Points denkbar sind.

[0094] Die Filterung der ersten Vergleichsstufe **90** besteht zunächst darin, dass überprüft wird, wie viele Access-Points aus gesMP in MP* enthalten sind. Um die erste Vergleichsstufe **90** passieren zu können, sollten folgende vier Bedingungen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erfüllt sein:

1. es sollten mindestens N-1 Access-Points aus gesMP in MP* enthalten sein.
2. der stärkste Access-Point aus gesMP muss unter den stärksten beiden aus MP* sein.
3. Der N.-stärkste Access-Point aus gesMP darf nicht unter den stärksten beiden aus MP* sein.
4. Der zweitstärkste Access-Point aus gesMP muss unter den höchsten N-1 aus MP* sein.

[0095] Gelten diese vier Bedingungen als erfüllt, so wird in Abhängigkeit von der Anzahl der in den beiden Messpaketen gesMP und MP* gemeinsam enthaltenen Access-Points das Referenzmesspaket MP* einer der beiden Ergebnismengen EM1a bzw. EM1b zugeordnet. Sind es N Übereinstimmungen, so ist es gemäß Ausführungsbeispielen Ergebnismenge EM1b, andernfalls Ergebnismenge EM1a. Dieses Zuführen zu den unterschiedlichen Ergebnismengen bedeutet, das MP* um die Information seiner Ähnlichkeit zu gesMP erweitert wird.

[0096] Die zweite Vergleichsstufe **98** ist neben der dritten Vergleichsstufe **102** eine Stufe mit härteren Filterkriterien im Vergleich zu Stufe **90** und reduziert die von Stufe **90** übergebene Ergebnismenge EM1 auf diejenigen Messpakete, die eine entsprechende Ähnlichkeit bzw. Qualität bezüglich des gesuchten Messpakets gesMP **92** besitzen. [Fig. 10a](#) zeigt beispielhaft ein gesuchtes Messpakete gesMP **92** mit fünf Access-Points und ein Referenzmesspaket MP*, welches aus der Ergebnismenge EM1 der ersten Vergleichsstufe **90** stammt. Die Filterung der zweiten Vergleichsstufe **98** basiert auf einem Vergleich der RSSI-Werte der in den beiden Messpaketen gesMP und MP* gemeinsam enthaltenen Access-Points bzw. Funksender. Da, wie im Vorhergehenden bereits beschrieben wurde, die Funksender bereits abfallend nach ihren RSSI-Werten sortiert sind, stellen in [Fig. 10b](#) Access-Point AP4 und Access-Point AP6 die stärksten beiden Funksender des gesuchten Messpakets gesMP **92** dar. Dementsprechend werden die Betragsdifferenz d_1 aus den RSSI-Werten von AP4 aus gesMP und MP* und die Betragsdifferenz d_2 aus den RSSI-Werten von AP6 aus gesMP und MP* doppelt gewichtet, um zu berücksichtigen, dass die RSSI-Werte umso genauer gemessen werden können, je größer sie sind. Dabei bedeuten hier d_x die Beträge der Differenzen zwischen den RSSI-Werten der jeweiligen Funksender aus gesMP und MP* wobei $x = 1, \dots, 5$, wobei für x die Stärke des Funksenders in gesMP maßgebend ist. Die oben beschriebene Gewichtung ist relevant für die Ermittlung von d_m , dem Mittelwert der Betragsdifferenzen d_x . Werden, wie in [Fig. 10b](#) dargestellt, in der ersten Vergleichsstufe **90** nur vier Übereinstimmungen festgestellt, so wird d_m beispielsweise mittels

$$d_m = \frac{2d_1 + 2d_2 + d_3 + d_4}{6}, \quad (2)$$

andernfalls beispielsweise mittels

$$d_m = \frac{2d_1 + 2d_2 + d_3 + d_4 + d_5}{7} \quad (3)$$

bestimmt. Natürlich sind hier auch andere Formen der Gewichtungen der Betragsdifferenzen d_x für die Bildung des Mittelwerts d_m denkbar. Eine Standardabweichung σ der Beträge der Differenzen d_x zwischen den RSSI-Werten der jeweiligen Funksender zu ihrem Mittelwert d_m ergibt sich damit aus

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{x=1}^N (d_x - d_m)^2}, \quad (4)$$

wobei N die Anzahl der Übereinstimmungen zwischen gesMP und MP* bedeutet. Bleibt σ unter einem bestimmten Grenzwert, so hat MP* eine nach der zweiten Vergleichsstufe **98** verlangte Ähnlichkeit zu gesMP und wird der Ergebnismenge EM2 der zweiten Vergleichsstufe **98** zugeteilt.

[0097] Die Einrichtung zum Vergleichen weist also eine zweite Vergleichsstufe **98** auf, die ausgebildet ist, um mit der Ergebnismenge der ersten Vergleichsstufe **90** eine Standardabweichung σ zwischen den Ergebnissen der Ergebnismenge und des gesuchten Messpakets gemäß Gl. (4) zu ermitteln, wobei d_x einen Betrag der Differenz zwischen RSSI-Werten zweier identischer ortsfester Funksender aus dem gesuchten Messpaket gesMP und einem Referenzmesspaket MP* aus der Ergebnismenge EM1 der ersten Vergleichsstufe bedeutet und d_m einen Mittelwert der Differenzen d_x bedeutet.

[0098] [Fig. 10c](#) zeigt eine Ausgangssituation für die dritte Vergleichsstufe **102**. Diese Ausgangssituation stellt sich für die dritte Stufe **102** genauso dar wie für die zweite Vergleichsstufe **98**, was bedeutet, dass MP* aus der Ergebnismenge EM1 der ersten Vergleichsstufe **90** ist und dass gesMP und MP* jeweils absteigend nach den RSSI-Werten der in dem Messpaketen enthaltenen Funksender sortiert ist, und dass mindestens vier Funksender aus gesMP auch in MP* enthalten sind. Die dritte Vergleichsstufe **102** basiert ähnlich wie die erste Vergleichsstufe **90** auf einer Auswertung bestimmter Relationen zwischen den Funksendern bezüglich ihrer Positionen des jeweiligen Messpakets, wobei hier nach härteren Kriterien verglichen wird. Prinzipiell lässt sich sagen, dass hier überprüft wird, ob die Position eines Funksenders aus gesMP der Position des Funksenders in MP* entspricht. Sind, wie in [Fig. 10c](#) zu sehen, beispielsweise drei Übereinstimmungen enthalten, ist eine geforderte Ähnlichkeit zwischen den Messpaketen der Stufe vorhanden. Bestehen beispielsweise vier oder fünf Übereinstimmungen, so wird dies noch zusätzlich unterschieden. Die Anzahl der Übereinstimmungen entscheidet grundsätzlich darüber, ob ein Ergebnis der Ergebnismenge EM3a (beispielsweise drei Übereinstimmungen) oder EM3b (größer als drei Übereinstimmungen) zugeteilt wird.

[0099] Im Allgemeinen kann diese Vorgehensweise jedoch dann Schwächen aufzeigen, wenn an Positionen innerhalb eines Funknetzes die von einem Client empfangenen RSSI-Werte $RSSI_k(i)$ der entsprechenden Funksender ähnlich hoch sind. Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass, je kleiner eine Differenz zwischen

zwei RSSI-Werten ist, desto geringer ist auch eine Wertigkeit einer wie hier überprüften Relation zwischen zwei Funksendern anzusetzen. Um dem entgegenzuwirken, werden gemäß Ausführungsbeispielen bei zu geringen Differenzen der RSSI-Werte innerhalb von gesMP Blöcke gebildet, die anschließend gesondert behandelt werden. Diese Vorgehensweise ist in [Fig. 11a](#) veranschaulicht.

[0100] Die in [Fig. 11a](#) gezeigten Blöcke beziehen sich lediglich auf gesMP. Die in den jeweiligen Blöcken gezeigten Nummern 1 bis 5 stellen die Rang-Positionen der Funksender bzgl. ihrer RSSI-Werte dar. Die maximale Differenz der RSSI-Werte zwischen dem jeweils ersten und dem jeweils letzten eines Blockes entspricht gemäß Ausführungsbeispielen 1,7 dB. Der Wert für die maximale Differenz der RSSI-Werte zwischen dem jeweils ersten und dem jeweils letzten eines Blockes, welcher vorzugsweise zu wählen ist, ist im Wesentlichen von Eigenschaften der verwendeten Technologie abhängig. Kann, wie durch Bezugszeichen **110** angedeutet, ein Fünferblock oder ein Viererblock (**112a**, **112b**) in gesMP ermittelt werden, so bleibt die dritte Vergleichsstufe **102** für das entsprechende gesuchte Messpaket gesMP gesperrt, da hier eine weitere Differenzierung keine merkliche Verbesserung gegenüber der ersten Vergleichsstufe **90** bringen würde. Diese beiden Fälle setzen prinzipiell eine sehr hohe Funksenderdichte voraus und werden daher eher selten detektiert werden.

[0101] Des Weiteren wird die dritte Vergleichsstufe **102** gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung für ein gesuchtes Messpaket gesMP gesperrt, sollten sich die RSSI-Werte des Funksenders auf Position 1 und des Funksenders auf Position 4 in gesMP gemäß Ausführungsbeispielen nicht um mehr als 8 dB unterscheiden. Auch hier ist die Erfindung nicht auf diesen Wert beschränkt, da dieser Wert abhängig von Gegebenheiten, wie beispielsweise einer verwendeten Funknetztechnologie, gewählt werden kann.

[0102] Wird ein Dreierblock (**114a**, **114b**, **114c**) festgestellt, wird gemäß Ausführungsbeispielen nur noch gefordert, dass ein bestimmter Funksender aus MP* Teil des Blocks in gesMP ist, sollte dieser Funksender an einer Position innerhalb von MP* liegen, welche positionsmäßig durch diesen Block eingegrenzt ist. Diese Vorgehensweise soll anhand von [Fig. 11b](#) näher erläutert werden.

[0103] Mittels der Blockbildung konnten in dem in [Fig. 11b](#) dargestellten Beispiel AP4, AP6 und AP15 zu einer Dreierblock zusammengefasst werden. AP4 aus MP* darf innerhalb von gesMP folglich entweder erster, zweiter oder dritter sein. Gleiches gilt für AP2 bzw. AP7. Bei einem Zweierblock wird genauso verfahren wie bei einem Dreierblock.

[0104] Eine weitere kennzeichnende Relation zwischen zwei RSSI-wertmäßig übereinander liegenden Funksendern ist eine relativ große Differenz der RSSI-Werte. So kann eine bereits festgestellte Übereinstimmung gemäß Ausführungsbeispielen wieder entwertet werden, falls sich diese Differenz aus gesMP nicht in ähnlicher Größe in MP* spiegelt. Dieser Sachverhalt ist zu näheren Erläuterung in [Fig. 11c](#) dargestellt.

[0105] Damit diese Relation zwischen zwei RSSI-wertmäßig übereinander liegenden Funksender ausgewertet wird, sollten sich in gesMP zwei benachbarte Funksender gemäß Ausführungsbeispielen um mindestens 8 dB unterscheiden. Sollte dies der Fall sein, dann sollte zwischen den gleichen beiden Funksendern in MP* deren Differenz gemäß Ausführungsbeispielen vorzugsweise mindestens zwei Drittel der Differenz aus gesMP betragen. Diese Situation ist in [Fig. 11c](#) im linken Teilbild dargestellt. Nachdem sich AP4 und AP6 aus gesMP um 10 dB unterscheiden, liegen diese beiden Funksender in MP* um mindestens $10 \text{ dB} \cdot \frac{2}{3} = 6,6 \text{ dB}$ auseinander. Da dies in dem in [Fig. 110](#) gezeigten Beispiel nicht der Fall ist, wird eine der bereits fünf Übereinstimmungen wieder gestrichen. Sind, wie im rechten Teilbild von [Fig. 11c](#) zu sehen, zwei Funksender aus gesMP um mehr als 12 dB voneinander entfernt, so wird bei Nichterreichen der geforderten Distanz in MP* die dritte Vergleichsstufe **102** für dieses gesuchte Messpaket gesMP **92** gesperrt.

[0106] Die Genauigkeit der zweiten Vergleichsstufe **98** kann von der dritten Vergleichsstufe **102** im Allgemeinen nicht erreicht werden. Jedoch liefert die dritte Vergleichsstufe **102** bei einer Verschlechterung von Randbedingungen, vor allem bei einer Verwendung zweier unterschiedlicher Funkkarten, weiterhin gute Ergebnisse.

[0107] Bei einer Auswertung der bisher durch die Vergleichsstufen **92**, **98** und **102** ermittelten Ergebnismengen, werden die bisher ermittelten Ergebnismengen differenzierter betrachtet um eine Sicherheit der Ergebnisse zu erhöhen. Diese Unterscheidung wird hauptsächlich über die Größen der einzelnen Mengen gemacht und begründet sich darin, dass ein Ergebnis, sei es auch von einer höheren Qualität, mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist, sollte es nicht durch weitere Ergebnisse gleicher Qualität bestätigt werden. Dazu werden die bis hierhin verwendeten Mengen zunächst umgruppiert und entsprechend benannt.

EM2:	Ergebnismenge der zweiten Vergleichsstufe 98
EM3b:	die besseren Ergebnisse der dritten Vergleichsstufe 102
EM3:	alle Ergebnisse aus der Ergebnismenge der dritten Vergleichsstufe 102
EM1b:	die besseren Ergebnisse aus der Ergebnismenge der ersten Vergleichsstufe 90
EM1:	alle Ergebnisse aus der Ergebnismenge der ersten Vergleichsstufe 90
EM1b3b:	alle Ergebnisse aus der Schnittmenge von EM1b und EM3b
EM1b3:	alle Ergebnisse aus der Schnittmenge von EM1b und EM3
EM+:	Ergebnismenge nach der Auswertung für höherwertige Ergebnisse
EM-:	Ergebnismenge nach der Auswertung für minderwertige Ergebnisse
EM:	resultierende Ergebnismenge nach der Auswertung.

[0108] Die Schnittmengen aus EM1b und EM3b bzw. EM1b und EM3 werden ausgewertet, damit beispielsweise eine mögliche große Menge EM3b durch zusätzliche Informationen aus der ersten Vergleichsstufe **90** weiter reduziert und damit das Ergebnis verbessert werden kann. Um die Nachfolgenden anhand der [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) dargestellten Struktogramme möglichst übersichtlich zu halten, wird die Anzahl der Elemente der einzelnen Mengen genauso benannt wie die Menge selbst nur entsprechend kleingeschrieben.

[0109] [Fig. 12](#) zeigt ein Struktogramm zur Auswertung höherwertiger Ergebnisse, falls diese vorhanden sind.

[0110] Bei der in [Fig. 12](#) durch das Struktogramm dargestellte Auswertung der höherwertigen Ergebnisse wird bei dem Schritt des Vergleichens der ermittelten Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften eine Auswertungsergebnismenge EM basierend auf Ergebnissen EM2 der zweiten Vergleichsstufe **98** gebildet, falls der Umfang em_2 der Ergebnismenge EM2 der zweiten Vergleichsstufe **98** größer als ein vorbestimmter Wert A ist. D.h. die Einrichtung zum Vergleichen ist ausgebildet, um die Auswertungsergebnismenge EM basierend auf Ergebnissen EM2 der zweiten Vergleichsstufe zu bilden, falls der Umfang em_2 der Ergebnismenge der zweiten Vergleichsstufe **98** größer als A ist. Gemäß Ausführungsbeispielen ist A gleich 3.

[0111] Ferner wird bei dem Schritt des Vergleichens die höherwertige Ergebnismenge EM+ basierend auf besseren Ergebnissen EM3b der dritten Vergleichsstufe **102** gebildet, falls der Umfang em_{3b} der Menge EM3b der besseren Ergebnisse der dritten Vergleichsstufe **102** zwischen A und einem oberen Wert $B > A$ liegt. D.h. die Einrichtung zum Vergleichen ist ausgebildet, um eine höherwertige Ergebnismenge EM+ basierend auf einer besseren Ergebnismenge EM3b der dritten Vergleichsstufe **102** zu bilden, falls der Umfang em_{3b} der besseren Ergebnismenge EM3b der dritten Vergleichsstufe **102** größer oder gleich A und keiner B ist, wobei $A < B$. Gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist $B = 15$, d.h. $3 \leq em_{3b} < 15$.

[0112] Ist der Umfang em_{3b} der Ergebnismenge EM3b der dritten Vergleichsstufe größer oder gleich B und ist der Umfang em_{1b3b} der Schnittmenge der besseren Ergebnisse EM1b der ersten Vergleichsstufe **90** mit den besseren Ergebnissen EM3b der dritten Vergleichsstufe **102** größer oder gleich einem vorbestimmten Wert C, wobei gemäß Ausführungsbeispielen $C = 2$, so ergibt sich die resultierende Ergebnismenge EM+ aus EM1b3b. D.h. die Einrichtung zum Vergleichen ist ausgebildet, um die höherwertige Ergebnismenge EM+ basierend auf der Schnittmenge EM1b3 der Menge der besseren Ergebnisse EM3b der dritten Vergleichsstufe **102** und der Menge der besseren Ergebnisse EM1b der ersten Vergleichsstufe zu bilden, falls der Umfang em_{3b} der Menge der besseren Ergebnisse EM3b der dritten Vergleichsstufe größer oder gleich B ist und ein Umfang der Schnittmenge EM1b3 kleiner als C ist. Ferner ist die Einrichtung zum Vergleichen ausgebildet, um die höherwertige Ergebnismenge EM+ basierend auf der Menge der besseren Ergebnisse EM3b der dritten Vergleichsstufe **102** zu bilden, falls der Umfang em_{3b} der Menge der besseren Ergebnisse EM3b der dritten Vergleichsstufe **102** größer gleich B ist und der Umfang em_{1b3b} der Schnittmenge EM1b3b der besseren Ergebnisse (M3b) der dritten Vergleichsstufe **102** und der besseren Ergebnisse EM1b der ersten Vergleichsstufe **90** kleiner als C ist. Ist der Umfang em_{3b} der Ergebnismenge EM3b größer gleich $B = 15$ und der Umfang $em_{1b3b} < C = 2$, so ergibt sich gemäß Ausführungsbeispielen die resultierende Ergebnismenge EM+ also aus der Ergebnismenge EM3b.

[0113] Um, vor allem bei schlechten Randbedingungen, noch akzeptable Informationen zu bekommen, werden auch die minderwertigen Ergebnisse der ersten Vergleichsstufe **90** bzw. der dritten Vergleichsstufe **102** entsprechend genau untersucht. Der Weg zu der Ergebnismenge EM- nach Auswertung der minderwertigen Ergebnisse ist in dem Struktogramm in [Fig. 13](#) gezeigt.

[0114] Die Ergebnismenge EM-, nach der Auswertung für minderwertige Ergebnisse, entspricht der Schnittmenge EM1b3 der besseren Ergebnisse EM1b aus der ersten Vergleichsstufe **90** mit allen Ergebnissen EM3 aus der Ergebnismenge der dritten Vergleichsstufe **102**, wenn der Umfang der Schnittmenge em_{1b3} größer

als ein vorbestimmter Wert D ist. D.h. die Einrichtung zum Vergleichen ist ausgebildet, um die minderwertige Ergebnismenge EM^- basierend auf der Schnittmenge $EM1b3$ der Ergebnismenge $EM3$ der dritten Vergleichsstufe **102** und der Menge der besseren Ergebnisse $EM1b$ der ersten Vergleichsstufe **90** zu bilden, falls der Umfang $em1b3$ dieser Schnittmenge $EM1b3$ größer als D ist und kein höherwertiges Ergebnis bestimmt werden konnte. Gemäß Ausführungsbeispielen ist $D = 5$.

[0115] Ist $em1b3 > E$ (z.B. $E = 2$), aber $em1b3 \leq D$ und ist $em3 > F$ (z.B. $F = 5$), so ergibt sich die Ergebnismenge für minderwertige Ergebnisse aus der Ergebnismenge $EM3$. D.h. die Einrichtung zum Vergleichen ist ausgebildet, um die minderwertige Ergebnismenge EM^- basierend auf der Ergebnismenge $EM3$ der dritten Vergleichsstufe **102** zu bilden, falls der Umfang der Schnittmenge $EM1b3$ der Ergebnismenge $EM3$ der dritten Vergleichsstufe **102** und der besseren Ergebnisse $EM1b$ der ersten Vergleichsstufe **90** größer als E und kleiner als D ist und der Umfang $em3$ der Ergebnismenge $EM3$ der dritten Vergleichsstufe **102** größer als F ist.

[0116] Ist die Bedingung $em1b3 > E$ und $em3 > F$ nicht erfüllt, so wird der Umfang $em1b$ der Menge der besseren Ergebnisse $EM1b$ der ersten Vergleichsstufe **90** betrachtet. Ist $em1b \geq G$, wobei gemäß Ausführungsbeispielen $G = 5$, und zusätzlich $em1b > 3 \cdot em3$ so ergibt sich die Ergebnismenge EM^- für minderwertige Ergebnisse aus $EM1b$, d.h. der Ergebnismenge der besseren Ergebnisse $EM1b$ der ersten Vergleichsstufe **90**. D.h. die Einrichtung zum Vergleichen ist ausgebildet, um die minderwertige Ergebnismenge EM^- basierend auf den besseren Ergebnissen $EM1b$ der ersten Vergleichsstufe **90** zu bilden, falls die Bedingung, dass der Umfang der Schnittmenge $EM1b3$ der Ergebnismenge $EM3$ der dritten Vergleichsstufe **102** und der besseren Ergebnisse $EM1b$ der ersten Vergleichsstufe **90** größer als E und kleiner als D ist und der Umfang $em3$ der Ergebnismenge $EM3$ der dritten Vergleichsstufe **102** größer als F ist, nicht erfüllt ist, und der Umfang $em1b$ der Menge der besseren Ergebnisse $EM1b$ der ersten Vergleichsstufe **90** größer oder gleich G ist und der Umfang $em1b$ der Menge der besseren Ergebnisse $EM1b$ der ersten Vergleichsstufe **90** größer als $3 \cdot em3$ ist.

[0117] Ist $em1b \geq G$ aber $em1b \leq 3 \cdot EM3$, so ergibt sich EM^- aus $EM1$. Ist hingegen $em1b < G$, so ergibt sich EM^- ebenfalls aus $EM1$.

[0118] Die hier beschriebenen Werte für A, B, C, D, E, F und G sind natürlich nicht als Einschränkung anzusehen. Vielmehr sollten diese Werte an Gegebenheiten, wie z.B. verwendete Funktechnologien, angepasst werden.

[0119] Sollte nach den anhand der [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) beschriebenen Auswertungen die Ergebnismenge EM keine Elemente enthalten, so wird die Ergebnismenge EM aus der Ergebnismenge EM^+ nach der Auswertung für höherwertige Ergebnisse gebildet. Für den Fall, dass sowohl EM und EM^+ beide keine Elemente enthalten, wird die Ergebnismenge EM aus der Ergebnismenge EM^- nach der Auswertung für minderwertige Ergebnisse gebildet. Falls keine der drei Ergebnismengen EM, EM^+ und EM^- Elemente enthalten, konnte der bereits im Vorhergehenden beschriebene SP-Algorithmus kein Ergebnis ermitteln.

[0120] Für alle Ergebnismengen EM, EM^+ und EM^- wird jeweils der Mittelwert der Messungsnummern der enthaltenen Referenzpakete MP^* gebildet. Diese Mittelwerte werden als EM_m, EM^+_m und EM^-_m benannt. Bei der Mittelwertbildung wird zusätzlich bei der Berechnung die Qualität der Ergebnisse berücksichtigt. So wird ein gutes Ergebnis beispielsweise mit dem Faktor 10, ein normales Ergebnis beispielsweise mit dem Faktor 20 und ein schlechtes Ergebnis beispielsweise mit dem Faktor 1 gewichtet, wobei ein gutes Ergebnis entweder einem Ergebnis aus $EM2$ oder aus $EM3b$, ein normales Ergebnis einem Ergebnis aus $EM1b$ oder $EM3$ und ein schlechtes Ergebnis einem Ergebnis aus $EM1$ entspricht. Andere Faktoren, als die hier beispielhaft erwähnten Gewichtungsfaktoren sind ebenfalls denkbar. Ein schlechtes Ergebnis kann ferner folgendermaßen entstehen: konnten sowohl der Ergebnismenge EM als auch der Ergebnismenge EM^+ Werte zugeteilt werden, so wird zunächst der Betrag der Differenz zwischen EM_m und EM^+_m bestimmt. Ist dieser Betrag größer als beispielsweise 30, so wird dieses Ergebnis entwertet und den schlechten Ergebnissen zugeteilt.

[0121] Die im Nachfolgenden vorgestellten Methoden befassen sich damit, wie anhand bestimmter Muster in der im Vorhergehenden beschriebenen Schnittpunktsuche auf gewisse Bewegungsabläufe von zwei Endgeräten innerhalb eines Funk-Netztes, beispielsweise eines WLAN-Netztes, geschlossen werden kann. Mit den daraus neu gewonnenen Informationen kann zum Einen eine Genauigkeit der Schnittpunktsuche weiter erhöht werden und zum Anderen kann eine bessere Grundlage für eine nachfolgende Routenplanung bzw. Wegberechnung zur Zusammenführung der beiden Clients geschaffen werden.

[0122] Ein Bewegungsablauf, bei dem sich beide Wege der Clients nur in einem Punkt schneiden ist exemplarisch in [Fig. 14](#) gezeigt. Die im Vorhergehenden angesprochene Reduzierung der Ergebnismenge auf ein

einziges Ergebnis wird durch Mittelwertbildung der jeweiligen Messungsnummern aus Trail 1 (x-Werte) und Trail 2 (y-Werte) erreicht. Der Algorithmus, der dies erledigt, berücksichtigt bei der Berechnung zusätzlich die im Vorhergehenden bereits angesprochene Qualität der Ergebnisse. So wird ein gutes Ergebnis beispielsweise mit dem Faktor 10 ein normales Ergebnis beispielsweise mit dem Faktor 2 und ein schlechtes Ergebnis beispielsweise mit dem Faktor 1 gewichtet. Dieser Sachverhalt ist in [Fig. 15](#) gezeigt.

[0123] Der mit dem Bezugszeichen **150** gekennzeichnete Stern in [Fig. 15](#) symbolisiert diesen, gemäß obiger Vorschrift berechneten Ersatzwert, für den in diesem Beispiel $x = 190$ und $y = 67$ errechnet wurde. Die Qualität dieses Wertes ist abhängig von der Qualität der Ergebnisse, über die gemittelt wurde. So ist es ausreichend, wenn ein Einziges eine höhere Qualität hat als die anderen, um den Ersatzwert **150** entsprechend einzustufen. Die Koordinaten $x = 190$ und $y = 67$ bedeuten hier, dass das Messpaket **190** des Trails 1 am besten mit dem Messpaket mit der Messungsnummer **67** des Trails 2 korrespondiert. Da die Geschwindigkeiten der Clients A und B zumindest näherungsweise als konstant angesehen werden können, kann mit den Geschwindigkeiten und den entsprechenden Messungsnummern ein Ort bestimmt werden.

[0124] [Fig. 15](#) spiegelt ein Bewegungsmuster wider, bei dem sich die beiden Trails Trail 1 und Trail 2 nur in einem einzigen Punkt schneiden. In [Fig. 16](#) sind im Gegensatz dazu verschiedene Bewegungsmuster dargestellt, bei denen sich die beiden Trails (Trail 1 und Trail 2) in mehreren Punkten schneiden. Zusätzlich sind die zu erwartenden Schnittpunkte in einem Koordinatensystem skizziert.

[0125] [Fig. 16a](#) zeigt einen Referenzweg 1 bzw. Trail 1 und einen Referenzweg 2 bzw. Trail 2, die sich in drei Schnittpunkten SP1, SP2 und SP3 schneiden. Der erste Schnittpunkt SP1 liegt relativ nahe am Start der beiden Wege Trail 1 und Trail 2, weshalb er in dem in [Fig. 16a](#) gezeigten Koordinatensystem auch relativ nahe am Koordinatenursprung liegt. Die Schnittpunkte SP2 und SP3 liegen jeweils auf beiden Trails weiter vom jeweiligen Startpunkt des Trails entfernt und somit auch weiter weg vom Koordinatenursprung. Anders sieht es hingegen in [Fig. 16b](#) aus. Auch hier schneiden sich zwei Wege, Trail 1 und Trail 2, in drei Schnittpunkten SP1 - SP3. Der Schnittpunkt SP1 befindet sich zeitlich am nächsten zum Start von jeweils Trail 1 und Trail 2, weswegen er auch am nächsten zum Koordinatenursprung des zugehörigen Koordinatensystems zu finden ist. Der Schnittpunkt SP2 liegt aus der Sicht von Trail 2 schon ziemlich an dessen Endpunkt, aus der Sicht von Trail 1 jedoch ca. in dessen Wegmitte, weswegen er im Koordinatensystem relativ weit „oben“ zu finden ist. Der Schnittpunkt SP3 befindet sich aus der Sicht von Trail 2 an dessen Weganfang und aus der Sicht von Trail 1 an dessen Wegende, weshalb er an dem Koordinatensystem rechts unten zu finden ist.

[0126] In Teilbildfigur **16c** ist dargestellt, dass sich beide Trails zweimal im gleichen Punkt schneiden. Ähnlich verhält es sich in Teilbildfigur **16d**, wobei hier jedoch Trail 1 und Trail 2 vertauscht sind, so dass die beiden Schnittpunkte SP1 und SP2 übereinander statt nebeneinander liegen.

[0127] Um für das in [Fig. 16c](#) dargestellte Szenario für jeden Schnittpunkt die jeweilige Menge an Ergebnissen entsprechend [Fig. 15](#) mitteln zu können, wird die gesamte Schnittpunktmenge vorteilhaft in zwei Teilmengen getrennt. Dieser Vorgang wird als so genanntes „Horizontal-Clustern“ bezeichnet. Die Bedingung hierfür ist ein Mindestabstand Δx_{\min} zwischen den x-Werten von zwei benachbarten Ergebnissen. Gemäß Ausführungsbeispielen beträgt der Mindestabstand $\Delta x_{\min} = 90$. Als benachbart gelten zwei Ergebnisse, wenn sie zeitlich gesehen nacheinander ermittelt wurden. Für die in den [Fig. 16a](#) und [Fig. 16b](#) dargestellten Szenarien müssten jeweils drei dieser Horizontal-Cluster gebildet werden. Das in [Fig. 16c](#) dargestellte Bewegungsmuster verlangt zusätzlich, dass durch das Horizontal-Clustern entstandene Teilmengen noch weiter unterteilt werden. Dies wird als „Vertikal-Clustern“ bezeichnet. Dazu kann gemäß Ausführungsbeispielen die Ergebnismenge eines Horizontal-Clusters an einen bestimmten Algorithmus übergeben werden. Dessen Arbeitsweise kann wiederum auf der Detektion eines größeren Abstandes basieren, wobei gemäß Ausführungsbeispielen der geforderte Abstand zwischen zwei y-Werten $\Delta y > 100$ ist.

[0128] [Fig. 17](#) stellt Horizontal-Cluster und Vertikal-Cluster des Bewegungsmusters von [Fig. 16c](#) dar. In [Fig. 17](#) sind sowohl die Grenzen der Horizontal-Cluster **170a** bis C als auch die Grenzen der Vertikal-Cluster **172** zu sehen. Das Cluster oben links wird bei diesem Beispiel noch herausgefiltert, da es sich in einer gewissen Nähe zu einem benachbarten Cluster (links Mitte) mit gutem Ergebnis befindet.

[0129] Eine Reduzierung auf einen Ersatzwert mit Methoden bei einem „Single-SP-Szenario“ bei einer tatsächlich vorliegenden „On-Trail“-Situation ist auszuschließen. Daher werden gemäß Ausführungsbeispielen diese beiden Fälle zunächst unterschieden. Um das Szenario „Single-SP“ zu detektieren, wird eine Standardabweichung zum Mittelwert der y-Werte y_i aller N Ergebnisse des jeweiligen Vertikal-Clusters errechnet und in Abhängigkeit davon entschieden. Gemäß Ausführungsbeispielen kann die Standardabweichung σ folgender-

maßen bestimmt werden.

$$y_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (5)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - y_m)^2} \quad (6)$$

[0130] Eine Detektion der „On-Trail“-Situation wird nur dann durchgeführt, wenn keine „Single-SP“-Situation festgestellt werden konnte und wird im Nachfolgenden noch beschrieben. Wird keiner der beiden Fälle festgestellt, so werden alle Ergebnisse der Schnittpunkt-Suche an eine nachfolgende Routenplanung weitergegeben.

[0131] Eine „On-Trail“-Situation ist schematisch in [Fig. 18](#) gezeigt. Wie zuvor schon erläutert beschreibt dieser Fall ein Bewegungsmuster bei dem die beiden Clients in ihrer Vergangenheit ganze Wegstücke gleich oder entgegengesetzt abgelaufen sind. Da es in diesem Zusammenhang wiederum unterschiedliche Bilder bzw. Szenarien in dem Koordinatensystem gibt, müssen diese ebenfalls differenziert betrachtet werden, um gewünschte Ausgleichsgeraden ermitteln zu können. Die wichtigsten Bewegungsmuster sind in nachfolgender [Fig. 19](#) beispielhaft zusammengestellt.

[0132] **Fig. 19a** beschreibt ein Szenario in dem ein erster Client auf einem Trail 1 ein Teil eines Wegstücks eines zweiten Clients mit Trail 2 in gleiche Richtung abgelaufen ist, wobei der Punkt p1_1 den Punkt markiert, an dem die beiden Trails zusammengeführt werden und der Punkt p1_2 denjenigen Punkt markiert, an dem die beiden Trails wieder auseinander laufen.

[0133] **Fig. 19b** beschreibt ein ähnliches Szenario, nur hier werden die beiden Trails jeweils entgegengesetzt abgelaufen. Dadurch markiert hier der Punkt p1_1 einen Punkt, der sich relativ am Anfang von Trail 1, jedoch relativ am Ende von Trail 2 befindet. Umgekehrt verhält es sich für Punkt p1_2, der sich relativ weit am Ende von Trail 1 und relativ weit am Anfang von Trail 2 befindet.

[0134] **Fig. 19c** beschreibt ein Szenario, bei dem Trail 1 und Trail 2 wiederum gegenseitig durchlaufen werden und Trail 1 zusätzlich noch eine Schleife aufweist. Dadurch entsteht die bereits anhand von **Fig. 19b** beschriebene abfallende Gerade rechts von der Geraden ein zweites Mal, sowie es im Koordinatensystem von **Fig. 19c** zu erkennen ist.

[0135] **Fig. 19d** beschreibt das Szenario von **Fig. 19a** mit dem Unterschied, dass hier Trail 2 eine Schleife enthält, so dass die bereits anhand von **Fig. 19a** beschriebene steigende Gerade überhalb der Gerade noch einmal auftaucht, so wie es in **Fig. 19d** gezeigt ist.

[0136] In **Fig. 19a** werden beide Trails in gleiche Richtung abgelaufen, was zur Folge hat, dass die Ergebnismenge idealisiert eine ansteigende Gerade im Koordinatensystem beschreibt. Im Gegensatz dazu entspricht, bei gegenseitigem Ablaufen der Trails, die Ergebnismenge eine fallenden Gerade (siehe **Fig. 19b**). In **Fig. 19c** ist zu sehen, dass Trail 1 eine Schleife enthält, was auch für **Fig. 19d** gilt, nur dass sich hier die Schleife in Trail 2 befindet. Da hier in einem Cluster nur eine steigende oder eine fallende Gerade ist, kann bei der Detektion der oben dargestellten „On-Trail“-Situationen nach ähnlichen Kriterien ausgewertet werden. Dazu werden die Punkte bzw. Marken p1_1 und p1_2 verwendet. Auf das von links erste gute Ergebnis wird die Marke p1_1 gesetzt und auf das von rechts erste gute Ergebnis wird die Marke p1_2 gesetzt. Bestimmte Relationen zwischen p1_1 und p1_2 in ihren x- und y-Werten entscheiden unter Anderem darüber, ob eines der in [Fig. 19](#) dargestellten einfacheren oder ein komplizierteres Muster vorliegt. Handelt es sich um ein einfaches Muster, wird zunächst überprüft, wie gut sich die jeweilige Ergebnismenge einer Geraden annähern würde. Dies kann gemäß Ausführungsbeispielen mit einer Rechnung eines Korrelationskoeffizienten gemäß

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 - n \bar{y}^2 \right)}} \quad (7)$$

erreicht werden, wobei in Gl. (7) y den y -Wert eines Ergebnisses, x den x -Wert eines Ergebnisses, \bar{x} einen Mittelwert über alle n x -Werte und \bar{y} einen Mittelwert über alle n y -Werte bezeichnen. Grundvoraussetzung hierfür und für die im Nachfolgenden beschriebenen Gleichungen zur Bestimmung einer Ausgleichsgeraden ist, dass mindestens drei Ergebnisse vorliegen müssen. Weiterhin gilt, dass sämtliche schlechte Ergebnisse in einem Cluster entfernt werden, wenn sich beispielsweise mehr als fünf gute Ergebnisse in dem Cluster befinden.

[0137] Die n Messpunkte liegen immer dann nahezu auf einer Geraden, wenn der Korrelationskoeffizient r sich nur wenig von -1 oder 1 unterscheidet. Im Falle $|r| = 1$ liegen die Messpunkte exakt auf einer Geraden. Dieser Zusammenhang ist in [Fig. 20](#) näher erläutert.

[0138] [Fig. 20](#) zeigt eine obere Ausgleichsgerade **200** und eine untere Ausgleichsgerade **210**. Der Korrelationskoeffizient r weist bei der oberen Geraden **200** einen Wert von $0,99$ auf und bei der unteren Geraden einen Wert von $0,98$.

[0139] Mittels der vier nachfolgenden Gleichungen (8) bis (11), die auf dem Gauß'schen Prinzip der kleinsten Quadrate basieren, werden aus den x - und y -Werten der Ergebnismenge zunächst Parameter a (Steigung) und b (Ordinatenschnittpunkt) einer Ausgleichsgeraden errechnet, um anschließend drei Ersatz-Ergebnisse zu ermitteln, welche in [Fig. 20](#) beispielhaft als Sterne **220a-f** markiert sind. Diese liegen jeweils am Anfang, in der Mitte und am Ende der Ergebnismenge, wobei die x -Werte der Marken $p1_1$ und $p1_2$ als Grundlage für Anfang und Ende verwendet werden. Gemäß Ausführungsbeispielen werden nur die guten Ergebnisse berücksichtigt, um bei einem Eintritt bzw. bei einem Austritt aus einer On-Trail-Situation einen möglichst scharfen und genauen Übergang zu erhalten. Die Qualität wird für jedes Ersatzergebnis gemäß Ausführungsbeispielen mit „gut“ eingestuft.

$$\Delta = n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \quad (8)$$

$$a = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\Delta} \quad (9)$$

$$b = \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n y_i \right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i \right)}{\Delta} \quad (10)$$

$$y = ax + b \quad (11)$$

[0140] Um einen kürzesten Weg aus einer vorhandenen Menge an Schnittpunkten zu errechnen, wird gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ein so genannter Routing-Algorithmus verwendet. Hierbei kann beispielsweise ein Algorithmus basierend auf dem bekannten Dijkstra-Algorithmus eingesetzt werden, welcher als Eingangsgröße einen gewichteten Graphen verlangt. Dieser besteht aus einer Menge an Punkten (Knoten) und gewichteten Kanten, welche die Knoten verbinden. Bei Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung werden die ermittelten Schnittpunkte und die aktuellen Positionen der Endgeräte als Knoten betrachtet, die Trails zwischen den Schnittpunkten bzw. aktuellen Positionen der Endgeräte als Kanten. Da es unterschiedliche Verbindungen der Knoten über die verschiedenen Trails gibt, entspricht bei Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung das Gewicht der Kanten einer Anzahl an Messungen zwischen zwei Knoten. Sollten zwei Knoten nicht direkt miteinander verbunden sein, wird hierfür trotzdem eine Kante verwendet, welche allerdings das Gewicht Unendlich trägt. D.h. eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Lokalisieren einer Position umfasst gemäß Ausführungsbeispielen ferner eine Einrichtung zum Bestimmen eines Weges zu einer Position auf dem Referenzweg, wobei die Einrichtung zum Bestimmen des Weges ausgebildet ist, um den Weg basierend auf einem Ergebnis des Vergleichens mittels des Dijkstra-Algorithmus zu bestimmen.

[0141] Der Dijkstra-Algorithmus ermittelt in einem Graphen die kürzeste Verbindung von einem Startpunkt A zu einem Zielpunkt B. Er speichert für jeden Knoten K dessen Gesamtentfernung $d(k)$ zum Startpunkt A sowie den Knoten $p(k)$, von dem aus er besucht wurde. Damit kann nach der Termination des Algorithmus durch schrittweises Rückwärtsverfolgen der jeweiligen Vorgängerknoten $p(k)$ von B aus der beste Pfad durch den Graphen abgelesen werden.

[0142] Ein von dem Dijkstra-Algorithmus ermittelter Leittrail wird gemäß Ausführungsbeispielen einem Leitalgorithmus übergeben, der beide Endgeräte zusammenführen soll. Bei der Erzeugung des Leittrails werden aus den Trails der beteiligten Endgeräte Teilstücke, entsprechend den Ergebnissen der Routenplanung des Dijkstra-Algorithmus, aneinander gehängt. Dabei ist darauf zu achten, dass die Teilstücke im benötigten Ablaufsinn eingefügt werden. Dazu zeigt [Fig. 21](#) eine schematische Darstellung von Laufwegen von drei Endgeräten CL1, CL2 und CL3, wobei der Laufweg von CL1 den Laufweg von CL3 in einem Schnittpunkt SP1 schneidet, und der Laufweg von CL2 den Laufweg von CL3 in einem Schnittpunkt SP2 schneidet. Um CL1 und CL2 zusammenzuführen, wird der Leittrail für CL1 folgendermaßen zusammengesetzt. CL1 – SP1 (Trail 1 rückwärts) + SP1 – SP2 (Trail 3 vorwärts) + SP2 – CL2 (Trail 2 vorwärts). Entsprechend kann der Leittrail für CL2 aufgebaut werden. CL2 – SP2 (Trail 2 rückwärts) + SP2 – SP1 (Trail 3 rückwärts) + SP1 – CL1 (Trail 2 vorwärts).

[0143] Der Leitalgorithmus soll den beiden Endgeräten alle nötigen Informationen geben, um sich gegenseitig aufzufinden. Dies geschieht im Wesentlichen dadurch, dass ermittelt wird, ob sich der jeweilige Client auf dem gebildeten Leittrail befindet oder nicht. Der Leitalgorithmus dient also erfindungsgemäß zum Bestimmen einer Beziehung zwischen der momentanen Position eines Endgeräts und dem Referenzweg bzw. dem Leittrail. Gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann ein Leittrail bzw. der Referenzweg natürlich auch ein von einem Client vorher komplett selbst durchlaufener Weg sein. Ein solches Szenario ist beispielsweise dann denkbar wenn ein Benutzer nach Durchschreiten eines bestimmten Weges zu dem Anfangspunkt des Weges zurückfinden möchte.

[0144] [Fig. 22](#) gibt einen Überblick über verschiedene Stufen des Auffindens eines Kommunikationspartners. [Fig. 22a](#) zeigt eine Ausgangssituation, wobei ein Client A einen Weg 1 bzw. Trail 1 beschritten hat und wobei ein Client B einen Weg 2 bzw. Trail 2 beschritten hat, wobei sich Weg 1 und Weg 2 in dem Schnittpunkt SP schneiden bzw. berühren. [Fig. 22b](#) zeigt einen suchenden Client **220** auf seinem, als Pfeil **230** dargestellten Leittrail. Für das in [Fig. 22b](#) dargestellte Szenario liefert der Leitalgorithmus gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung prinzipiell eine Information an den Client **220**, dass er sich auf dem richtigen Weg befindet, und weiter so gehen soll. Hingegen zeigt [Fig. 22c](#) ein Szenario, in dem der Client **220** falsch von seinem Leittrail **230** abgelenkt ist. In diesem Falle soll der Leitalgorithmus dem Client **220** eine entsprechende Information zukommen lassen.

[0145] Einem Anwender wird durch den Leitalgorithmus übermittelt, wo seine ungefähre Position innerhalb eines bestimmten Teilstücks des Leittrails ist. Dabei weist das Teilstück gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung eine Länge von ca. 20 Metern auf. In einem vordefinierten Zeitintervall werden Wahrscheinlichkeiten errechnet, mit welchen sich der Client in verschiedenen Bereichen des Teilstücks befindet. Zur Veranschaulichung ist dieser Zusammenhang in [Fig. 23](#) schematisch gezeigt.

[0146] [Fig. 23](#) (links) zeigt einen Client **220**, der sich auf einem Leittrail **230** befindet. Der Leittrail **230** weist ein Teilstück **240** auf, welches wiederum in vier Abschnitte **240a-240d** unterteilt ist. In dem in [Fig. 23](#) (links) gezeigten Szenario befindet sich der Client auf einer Position in dem Abschnitt **240b** des Teilstücks **240** des Leittrails **230**.

[0147] [Fig. 23](#) (rechts) zeigt ein Szenario in dem der Client **220** sich abseits des Leittrails **230** befindet. Demnach befindet sich der Client **220** nicht in dem Teilstück **240**.

[0148] Bei dem erfindungsgemäßen Leitalgorithmus werden beispielsweise alle zwei Sekunden die Wahrscheinlichkeiten errechnet, mit welcher sich der Client **220** in jedem der vier in [Fig. 23](#) dargestellten Bereiche **240a-240d** des Teilstücks **240** befindet. Hat ein Anwender den Eindruck, dass er sich am Ende des Teilstücks **240** befindet, kann beispielsweise manuell ein neues Teilstück vom Server angefordert werden. Läuft der Leitalgorithmus auf dem Server selbst, kann gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung der Server natürlich auch automatisch ein neues Teilstück an den Anwender bzw. den Client senden. Entfernt sich der Anwender vom Leittrail oder vom aktuellen Teilstück **240**, so wie es beispielhaft in [Fig. 22B](#) gezeigt ist, verändern sich die Werte der Wahrscheinlichkeiten, wie es in [Fig. 22](#) dargestellt ist.

[0149] Im Folgenden werden die genauen Schritte zur Ermittlung dieser in [Fig. 23](#) dargestellten Wahrscheinlichkeiten näher erläutert.

[0150] Die ermittelten Werte für die Wahrscheinlichkeiten sind wichtige Orientierungshilfen für einen Anwender, da hiermit die eigentliche Navigation stattfindet. Zur Berechnung der Wahrscheinlichkeiten weist, gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung, ein Client einen Ringspeicher auf. Dieser Ringspeicher kann beispielsweise die letzten 40 ermittelten Messpakete speichern. Umfasst das Teilstück **240** des Leittrails

beispielsweise 100 Messpakete, so kann der Inhalt des Ringspeichers an vier bestimmten Stellen über dem Teilstück **240** des Leittrails **230** platziert werden. In erster Linie durch eine Errechnung eines Korrelationskoeffizienten der jeweiligen Signalmuster des Ringspeichers und der bestimmten Stelle über dem Teilstück **240** werden Wahrscheinlichkeiten $\zeta_1 - \zeta_4$ ermittelt. Der Korrelationskoeffizient gibt an, wie ähnlich sich die beiden Signale sind, wobei zu beachten ist, dass beide Signalmuster vorzugsweise die gleiche Länge haben sollten.

[0151] Entfernt sich ein Client **220** vom Leittrail **230**, so verschlechtern sich die Werte für die Wahrscheinlichkeiten nur relativ langsam, da zwar beispielsweise alle zwei Sekunden eine Aktualisierung stattfindet, aber im Ringspeicher die Messpakete beispielsweise der letzten acht Sekunden gehalten werden. Die Länge dieser Abschnitte im Ringspeicher darf aber auch nicht zu klein werden, da sonst eine Auswertung mittels des Korrelationskoeffizienten keine brauchbaren Ergebnisse mehr liefert. Gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung wird der Korrelationskoeffizient p' gemäß

$$\rho' = \frac{\sum (x[g] \cdot y[g])}{\sqrt{\sum x[g]^2 \cdot \sum y[g]^2}} \quad (15)$$

berechnet.

[0152] Der Korrelationsfaktor oder Korrelationskoeffizient p' ist eine dimensionslose Größe, für die stets $p'^2 \leq 1$ gilt, was mit der so genannten „Cauchy-Schwarzschen-Ungleichung“ bewiesen werden kann. Werden die an einem Client gemessenen RSSI-Werte um den Betrag des kleinsten auftretenden RSSI-Wertes angehoben, also beispielsweise um 90 dB, liegen die zu erwartenden Werte für p' zwischen 0 und 1. Um Fehler bei der Berechnung der Korrelationskoeffizienten zu vermeiden, die auf zu geringe Signalenergien zurückzuführen sind, werden gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung nur die Signale der fünf stärksten Funksender ausgewertet. Aus den sich daraus ergebenden fünf Korrelationskoeffizienten wird ein Mittelwert gebildet, um so einen Wert für p' zu erhalten.

[0153] Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist die Einrichtung zum Vergleichen der ermittelten Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die einen Referenzweg charakterisieren, und zum Bestimmen einer Beziehung zwischen der Position und dem Referenzweg aufgrund eines Ergebnisses des Vergleichens ausgebildet, um einen Abstand zwischen zwei Positionen zweier Clients auf einem Referenzweg zu ermitteln. Dabei kann die Ermittlung des Abstands auf zwei unterschiedliche Methoden erfolgen. Zum Einen kann ein Server aufgrund der zuletzt an beide Clients verschickten Teilstücke des Leittrails auf die Positionen der beiden Clients schließen. Diese Methode ist jedoch mit einer relativ hohen Ungenauigkeit behaftet.

[0154] Des Weiteren kann der Server die genauen Positionen und den daraus resultierenden Abstand der beiden Clients errechnen, wenn beide Clients mittels einer erfindungsgemäßen Einrichtung zum Ermitteln von Eigenschaften von Funksignalen jedes ermittelte Messpakete an den Server weiterleiten, wo sie beispielsweise in einen Ringspeicher vordefinierter Größe verwaltet werden, um Informationen über die jeweilige Position zu erhalten. Dieser Algorithmus funktioniert nach den Methoden der im Vorhergehenden bereits beschriebenen Schnittpunktsuche. Hierbei wird die Position eines Clients innerhalb eines beispielsweise 200 Messpakete langen Trails berechnet, welcher die beiden beispielsweise 100 Messpakete langen Teilstücke der Leittrails der beiden Clients umfasst.

[0155] Zusammenfassend zeigt [Fig. 24](#) noch einmal das Zusammenspiel zwischen einem Client und einem Server zur Durchführung des erfindungsgemäßen Konzepts.

[0156] [Fig. 24](#) zeigt einen Client **250** und einen Server **252**. Der Client **250** umfasst eine Einrichtung zum Messen von Eigenschaften von Funksignalen der fest positionierten Funksender an der Position des Clients und er umfasst ferner eine Einrichtung zum Übermitteln der gemessenen Eigenschaften zu dem Server **252**. Damit können die von dem Client **250** aufgenommenen Messpakete einzeln an den Server geschickt werden. Dazu umfasst der Server **252** gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung eine Einrichtung zum Empfangen der gemessenen Eigenschaften. Der Server **252** ist ausgebildet, um die von den Clients **250** empfangenen Messpakete für jeden beteiligten Client getrennt voneinander in Form von so genannten Trails, zu verwalten. Um eine Schnittpunktsuche von zwei Trails durchführen zu können, umfasst der Server **252** gemäß Ausführungsbeispielen eine Einrichtung zum Vergleichen der ermittelten Eigenschaften eines ersten Trails mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften eines zweiten Trails und zum Bestimmen einer Beziehung zwischen den einzelnen Positionen des ersten Trails und dem zweiten Trail aufgrund des Vergleichens. Die Beziehung ergibt sich in diesem Falle beispielsweise als ein Schnittpunkt, falls sich der erste Trail und der zweite Trail in

wenigstens einem Punkt schneiden. Aufgrund der Positionen der Clients und der ermittelten Schnittpunkte zwischen den Trails, kann der Server einen Leittrail für jeden der beteiligten Clients ermitteln, um die Clients zusammenzuführen. Diese Leittrails dienen den beiden Clients jeweils als Referenzweg. Der Server ist also gemäß Ausführungsbeispielen ausgebildet, um den ermittelten Leittrail an die Clients zu übermitteln. Gemäß Ausführungsbeispielen sind die Clients ausgebildet, um den vom Server ermittelten Leittrail zu empfangen. Mit diesem Leittrail bzw. Referenzweg ist ein Client **250** nun in der Lage, die ermittelten Eigenschaften von Funksignalen des fest positionierten Senders an seiner momentanen Situation mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften des Referenzweges bzw. Leittrails zu vergleichen und eine Beziehung zwischen der momentanen Position und dem Referenzweg aufgrund des Vergleichens zu bestimmen. Dies erfolgt durch den im Vorhergehenden bereits beschriebenen Leitalgorithmus durch Anzeige von Wahrscheinlichkeiten. Gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann der Server **252** die momentane Position bzw. die momentan gemessenen Eigenschaften der Funksignale eines Clients verwenden, um damit und dem Leittrail einen Abstand zu einem anderen Client zu ermitteln, der sich auf diesem Leittrail befindet.

[0157] So schafft die vorliegende Erfindung gemäß einem ersten Aspekt ein Konzept zum Nachverfolgen von Laufwegen. Um sich auf einen Laufweg zu lokalisieren, werden aktuelle Messwerte mit vorher aufgezeichneten Messwerten des Laufwegs verglichen und eine Übereinstimmung mittels der im Vorhergehenden erwähnten Schnittpunktsuche gesucht. Ist diese Übereinstimmung gefunden, kann ein Nutzer von da an geführt werden. Dies bedeutet, dass dem Nutzer beispielsweise „weiter“ signalisiert wird, so lange die Übereinstimmung der aktuellen Messwerte und der vorher aufgezeichneten Messwerte des Laufwegs in zeitlich fortlaufender Form gegeben ist. Weichen die aktuellen Messwerte der fest installierten Funksender zu stark vom Laufweg ab oder die Übereinstimmung läuft im Lauftrail rückwärts, so wird einem Nutzer beispielsweise „bitte wenden“ signalisiert. Diese Beziehung zwischen der Position und dem Referenzweg wird durch den im Vorhergehenden bereits beschriebenen Leitalgorithmus bewerkstelligt.

[0158] Da der aufgezeichnete Weg ohne Vorgaben an den Nutzer während dessen Bewegung aufgezeichnet wird, kann der Laufweg des Nutzers Phasen von Stillstand sowie Schleifen enthalten. Daher kann dem Nachverfolgen optional eine Aufbereitungsphase vorangehen. In dieser Phase wird der Trail in einem ersten Schritt auf Stillstandsphasen untersucht. Diese sind dadurch gekennzeichnet, dass sich die Messwerte über einen gewissen Zeitraum nur marginal ändern bzw. um Mittelwerte schwanken. Der Trail kann an dieser Stelle verkürzt werden, so dass die Stillstandsphase beim Nachverfolgen übersprungen wird. D.h. die Einrichtung zum Vergleichen ist gemäß Ausführungsformen ausgebildet, um die vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die den Referenzweg charakterisieren, auf eine Schleife und/oder einen Stillstand innerhalb des Referenzweges zu untersuchen, und diese der Schleife und/oder dem Stillstand entsprechenden Eigenschaften gegebenenfalls zu entfernen.

[0159] In einem zweiten optionalen Schritt werden Schleifen eliminiert. Eine Schleife ist dadurch gekennzeichnet, dass Messwerte an einer Stelle des Trails enthalten sind, die an einer anderen Stelle nochmals auftauchen. Die Schleife kann dadurch entfernt werden, dass sämtliche Messwerte zwischen diesen beiden Punkten entfernt werden.

[0160] Eine Variante des Nachverfolgens eines Laufweges ist die Rückverfolgung eines eigenen Weges (beispielsweise das Zurückfinden zu einem Auto, Zurückfinden zu einem Treffpunkt). Hierbei wird ein eigener Weg in umgekehrter zeitlicher Abfolge nachverfolgt.

[0161] Um Anderen Gelegenheit geben zu können, einen Laufweg nach zu vollziehen, kann gemäß Ausführungsbeispielen ein Weg von dem Gerät eines Nutzers an ein zweites Gerät übertragen werden. So kann der Nutzer des zweiten Geräts den Laufweg des ersten Nutzers nachverfolgen.

[0162] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ermöglicht die vorliegende Erfindung das Auffinden von anderen Personen oder autonomen Systemen. Dazu tauschen Partner kontinuierlich ihre aufgenommenen Messdaten aus. Dies kann, gemäß einem Ausführungsbeispiel, über einen zentralen Server geschehen oder bidirektional bzw. Peer to Peer. Beide Geräte kennen dadurch den Laufweg des anderen Partners. Wollen sich die beiden Partner treffen, so untersucht jeder Partner bzw. der Server beide Trails auf Schnittpunkte, d.h. Stellen mit ähnlichen Messwerten im eigenen und Partner-Weg. Dies erfolgt beispielsweise von einem Ende des Weges rückwärts, um sicherzustellen, dass der zeitlich jüngste Schnittpunkt gefunden wird. Anschließend verfolgen beide Partner ihren eigenen Weg zurück. Kommt ein Partner zeitlich vor dem anderen Partner am errechneten Schnittpunkt an, so folgt er ab jetzt dem Weg des anderen Partners in Vorwärtsrichtung, bis beide Partner sich treffen.

[0163] Dabei kann die Verwaltung der Laufwege und die Schnittpunktsuche verteilt auf den Endgeräten erfolgen. Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel erfolgt die Verwaltung der Laufwege und die Schnittpunktsuche zentral auf einem Server. Dies ist abhängig von den Gegebenheiten und von den Rechenkapazitäten der beteiligten Systeme.

[0164] Das erfindungsgemäße Konzept kann zu einem Mehrbenutzersystem oder einem Multi-Weg-System eines oder mehrerer Benutzer erweitert werden. In diesem Fall tauschen mehrere Benutzer ihre Messdaten kontinuierlich aus, oder senden sie an einen Server. Die einzelnen Trails werden auf Schnittpunkte untereinander untersucht. Dadurch entsteht ein vermaschter Graph, dessen Knoten die Schnittpunkte und dessen Kanten die Wegstücke zwischen den Schnittpunkten sind. Wird die im Vorhergehenden bereits beschriebene Eliminierung von Schleifen und Stillstandsphasen eingesetzt, sowie eine annähernd gleiche Bewegungsgeschwindigkeit vorausgesetzt, so ist die Länge der Wegstücke ein Maß für die räumliche Distanz der Schnittpunkte. Will ein erster Nutzer an seinem ersten Standpunkt sich mit einem zweiten Nutzer an einem zweiten Standpunkt treffen, so wird für jeden Nutzer eine Route durch den Graphen berechnet, wobei die Route aus Wegstücken besteht, auf denen die Nutzer geleitet werden. Für die Berechnung der Route auf Graphen stehen bekannte Verfahren, wie das in der Literatur ausführlich beschriebene Verfahren von Dijkstra, zur Verfügung. Dadurch kann jederzeit auch eine Entfernung zu einem Ziel geschätzt werden. Durch dieses Konzept kann eine Datenbank aufgebaut werden, die beispielsweise weltweit zum Zusammenführen von Endgeräten ohne Kartenmaterial verwendet werden kann.

[0165] Das erfindungsgemäße Konzept kann derart erweitert werden, dass zu bestimmten Zeitpunkten semantische Informationen hinterlegt werden. Dies kann beispielsweise ein Name einer Sehenswürdigkeit sein, welche gerade passiert wird, oder beispielsweise eine Information, dass sich an der momentanen Position ein Geldautomat befindet, oder ein beliebiger Bezeichner für einen später wieder zu findenden Treffpunkt. Diese Informationen werden in einem Laufweg als Informationspunkte hinterlegt und bilden fortan eingeständige Punkte, so genannte „Points of Interest“ im vorher beschriebenen Routing-Graphen. Andere Benutzer des Systems können sich jetzt zu diesen Punkten leiten lassen.

[0166] Abschließend sollen noch drei Anwendungsmöglichkeiten für das erfindungsgemäße Konzept gegeben werden.

[0167] Ein Benutzer parkt beispielsweise sein Auto auf einem Parkplatz in einer fremden Stadt. Beim Verlassen des Fahrzeugs schaltet er sein mobiles Endgerät, welches ein Mobiltelefon bzw. ein PDA mit WLAN-Funktion sein kann, in einen Rückverfolgungsmodus. Anschließend besucht der Benutzer Sehenswürdigkeiten der Stadt. Am Ende seiner Tour will der Benutzer zu seinem Auto zurückfinden. Er schaltet sein Gerät in einen Führungsmodus und bekommt daraufhin Anweisungen wie beispielsweise „Weiterlaufen“ oder „andere Richtung“. Das Gerät führt ihn optimiert auf seinem eigenen Weg zurück, d.h. es eliminiert Schleifen und Aufenthaltszeiten. Für diese Anwendungsfall ist kein Datenaustausch mit einem Server oder einem anderen mobilen Gerät notwendig.

[0168] Bei einem zweiten Anwendungsbeispiel schaltet ein Benutzer sein mobiles Endgerät ein und verbindet sich über ein Zugangsnetzwerk mit einem Server. Auf dem Server ist beispielsweise bereits ein Routing-Graph hinterlegt, der Laufwege und Kreuzungspunkte früherer Nutzer enthält. Ein Nutzer hat einen Punkt mit der Bezeichnung „Lorenzkirche“ hinterlegt. Der Benutzer wählt aus einer Anzeige der Sehenswürdigkeiten den Punkt „Lorenzkirche“ und wird durch akustische oder visuelle Ausgabe geleitet.

[0169] Bei einem dritten Anwendungsbeispiel kommen selbstfahrende Roboter als Endgeräte zum Einsatz. Auf dem Server ist beispielsweise bereits ein Routing-Graph hinterlegt, der Laufwege und Kreuzungspunkte anderer Roboter bzw. früherer Fahrten enthält. Die Roboter verfügen über Umgebungssensorik, wie beispielsweise Kameras, über die sie Umgebungsmerkmale erkennen. Die Roboter verknüpfen zur Orientierung Umgebungsmerkmale mit Punkten im Routing-Graph. Die Roboter können auf diese Weise selbstständig Ihre Umgebung erkunden, Umgebungsmerkmale aufzeichnen und über den Routing-Graph in (räumliche) Beziehung zueinander setzen. Der Vorteil dieses Verfahrens zu einer lückenlosen Karte aus Umgebungsmerkmalen liegt im erheblich reduzierten Speicheraufwand und der schnellen Navigierbarkeit durch den Routing-Graphen. Ein Anwender kann anschließend einen Roboter zielgerichtet zu einem Umgebungsmerkmal schicken. Darüber hinaus kann aus dem Routing-Graph auf Entfernungen zwischen Umgebungsmerkmalen geschlossen werden. Auch ist es möglich, sich als Anwender selbst mit einem tragbaren Endgerät zu einem Umgebungsmerkmal führen zu lassen.

[0170] Weitere Anwendungsmöglichkeiten, beispielsweise im Bereich der Partnersuche, sind denkbar. Über

Benutzer sind Benutzerprofile hinterlegt. Bei passenden Profilen werden zwei Partner informiert und können sich zu einem Treffpunkt führen lassen. Der Abstand der beiden Partner wird anhand der Länge des Trails geschätzt.

[0171] Das erfindungsgemäße Konzept eignet sich durch seinen Charakter insbesondere auch für Outdoor-Spiele mit hohem Interaktionsfaktor. Es besteht beispielsweise die Möglichkeit, sich gegenseitig zu suchen sowie Nachrichten bzw. Wegweiser an bestimmten Punkten zu hinterlassen.

[0172] Zusammenfassend wird noch einmal anhand von [Fig. 25](#) ein Aspekt der vorliegenden Erfindung dargestellt.

[0173] [Fig. 25](#) zeigt vier Trails durch einen Halle (A, B, C, D). Die Trails verlaufen von A1 nach A2, von B1 nach B2, von C1 nach C2 und von D1 nach D2 und bilden die Schnittpunkte S1 bis S9.

[0174] Will der Nutzer B an seinem Standpunkt B2 sich mit dem Nutzer C (momentaner Standpunkt C2) treffen, so wird für jeden Nutzer eine Route durch den Graphen berechnet, die aus Trailstücken besteht, auf denen die Nutzer geleitet werden. Für die Berechnung der Route auf Graphen stehen bekannte Verfahren wie das in der Literatur ausführlich beschriebene Verfahren von Dijkstra zur Verfügung. Dadurch kann jederzeit auch die Entfernung zum Ziel geschätzt werden.

[0175] Im Beispiel wird der Nutzer B über S2, S4, S6 und S7 geleitet, der Nutzer C in Gegenrichtung. Wo sie sich letztendlich treffen, hängt von der Laufgeschwindigkeit der Nutzer ab.

[0176] In dem in [Fig. 25](#) dargestellten Beispiel sind die Trails in einer Karte eingezeichnet, Tatsächlich ist der vermaschte Graph jedoch zunächst ohne festen Ortsbezug!

[0177] Eine Grundeigenschaft dieser Lösung ist, dass das Verfahren ohne Ortsbezug auskommt. Es handelt sich quasi um eine Navigation ohne Lokalisierung.

[0178] Dadurch sind weder Karten der Umgebung noch eine Datenerfassungsphase (Einlernen beim Fingerprinting, Datenbank mit Senderposition bei der Trilateration) nötig. Der Benutzer kann beispielsweise durch intuitive Kommandos (z.B. "weiter", „andere Richtung“) oder durch eine Visualisierung (z.B. Farben, die angeben, wie gut der eigene Bewegung zum Trail passt) oder auch Audiosignale (z.B. ähnlich einem Metallsucher) geführt werden. Ein Beispiel für eine intuitive Führung ist in [Fig. 26](#) gezeigt.

[0179] [Fig. 26a](#) zeigt einen Client **220** auf seinem, als Pfeil **230** dargestellten Leittrail. Für das in [Fig. 26a](#) dargestellte Szenario liefert der Leitalgorithmus gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung eine intuitive Information an den Client **220**, dass er sich auf dem richtigen Weg befindet, und weiter so gehen soll, wie es beispielhaft in [Fig. 26b](#) gezeigt ist. [Fig. 26b](#) könnte beispielsweise eine Darstellung auf einem PDA- oder Mobiltelefondisplay sein.

[0180] [Fig. 26c](#) zeigt ein Szenario, in dem der Client **220** von seinem Leittrail **230** abgekommen ist. In diesem Falle soll der Leitalgorithmus dem Client **220** ebenfalls eine entsprechende, intuitive Information (z.B. „bitte wenden“) zukommen lassen, die beispielhaft in [Fig. 26d](#) gezeigt ist. [Fig. 26d](#) könnte ebenso beispielsweise eine Darstellung auf einem PDA- oder Mobiltelefondisplay sein.

[0181] Das System ist in seiner Bedienung auch für wenig technikversierte Nutzer leicht verständlich („Prinzip Topfklopfen“) und stellt minimale Anforderungen an das mobile Endgerät. Damit ist das Verfahren neben PDAs und Mobiltelefonen auch für Kleinstplattformen ohne Display wie z.B. drahtlosen Funkknoten in Sensornetzen, iPods, etc. einsetzbar. Das System ist in jeder Umgebung mit drahtlosen Netzen ohne Vorarbeiten (insbesondere im öffentlichen Bereich, z.B. Innenstadt) verwendbar und vollkommen unabhängig von der Netzwerktechnologie. Ein Austausch der Trailinformationen kann über ein beliebiges Netzwerk erfolgen. Für Anwendungen, die keine Führung zu einem Partner beinhalten, z.B. Zurückfinden zum Auto, ist kein Netzwerkzugang und kein Server zum Datenaustausch notwendig.

[0182] Ein weiterer wichtiger Vorteil ist der Verzicht auf Umgebungskarten, welche oftmals nicht verfügbar sind und, insbesondere für den Innenbereich, aufwändig erstellt werden müssen. Bei einem Leitsystem basierend auf einem Lokalisierungssystem, wie es im Stand der Technik beschrieben ist, sind Umgebungskarten notwendig um gangbare Wege zu identifizieren. Andernfalls würden Routen berechnet, die in der Praxis nicht als Laufwege möglich sind. Das beschriebene Verfahren löst sich von dieser Notwendigkeit der Karten, da es

nur Wege ins System aufnimmt, die von einem Benutzer schon erfolgreich durchschritten wurden. Insbesondere ist durch dieses System auch die Abschätzung von realen Laufdistanzen ohne Umgebungskarte möglich.

[0183] Das System kann leicht derart erweitert werden, dass zu bestimmten Zeitpunkten semantische Informationen hinterlegt werden. Dies kann z.B. der Name einer Sehenswürdigkeiten sein die gerade passiert wird, die Information dass sich hier ein Geldautomat befindet, oder ein beliebiger Bezeichner für einen später wiederzufindenden Treffpunkt. Diese Informationen werden im Trail als Informationspunkte hinterlegt und bildet fortan eigenständige Punkte im o.g. Routing-Graphen. Andere Nutzer können sich jetzt zu diesem Punkt leiten lassen.

[0184] Insbesondere wird darauf hingewiesen, dass abhängig von den Gegebenheiten das erfindungsgemäße Konzept auch in Software implementiert sein kann. Die Implementierung kann auf einem digitalen Speichermedium insbesondere einer Diskette oder einer CD mit elektronisch auslesbaren Steuersignalen erfolgen, die so mit einem programmierbaren Computersystem und/oder Mikrocontroller zusammenwirken können, dass das entsprechende Verfahren ausgeführt wird. Allgemein besteht die Erfindung somit auch in einem Computerprogrammprodukt mit einem auf einem maschinenlesbaren Träger gespeicherten Programmcode zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Rechner und/oder Mikrocontroller abläuft. In anderen Worten ausgedrückt kann die Erfindung somit als ein Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens realisiert werden, wenn das Computerprogramm auf einem Computer und/oder Mikrocontroller abläuft.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Lokalisieren einer Position auf einem Weg, wobei entlang des Weges Funksignale von fest positionierten Funkseindern empfangbar sind, mit folgenden Merkmalen:
einer Einrichtung zum Ermitteln von Eigenschaften der Funksignale der fest positionierten Funksender an der Position; und

einer Einrichtung zum Vergleichen der bestimmten Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die einen Referenzweg charakterisieren und zum Bestimmen einer Beziehung zwischen der Position und dem Referenzweg aufgrund eines Ergebnisses des Vergleichens.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Einrichtung zum Ermitteln der Eigenschaften ausgebildet ist, um eine Empfangsfeldstärke der Funksignale an der Position zu ermitteln.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Einrichtung zum Ermitteln der Eigenschaften ausgebildet ist, um ein Empfangsleistungsspektrum der Funksignale an der Position zu ermitteln.

4. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Einrichtung zum Ermitteln der Eigenschaften ausgebildet ist, um ein Signal-zu-Rauschleistungsverhältnis der Funksignale an der Position zu ermitteln.

5. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung zum Ermitteln der Eigenschaften ausgebildet ist, um ein fest positionierten Funksender identifizierendes Merkmal zu ermitteln.

6. Vorrichtung gemäß Anspruch 5, wobei das den fest positionierten Funksender identifizierende Merkmal eine Senderkennung ist.

7. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung zum Ermitteln ausgebildet ist, um die Eigenschaften der Funksignale in vordefinierten zeitlichen Abständen ΔT zu ermitteln, wobei die vordefinierten zeitlichen Abstände ΔT in einem Bereich von $\Delta T = 10 \text{ ms}$ bis $\Delta T = 10 \text{ s}$ und bevorzugt in einem Bereich von $\Delta T = 100 \text{ ms}$ bis $\Delta T = 500 \text{ ms}$ liegen.

8. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Sendeleistung der ortsfesten Funksender zumindest näherungsweise konstant ist.

9. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung bei einer variablen Sendeleistung der ortsfesten Funksender ferner eine Einrichtung zum Bestimmen einer momentanen Sendeleistung der Funksender aufweist.

10. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Vorrichtung ferner eine Einrich-

tung zum Aufbereiten der ermittelten Eigenschaften der Funksignale aufweist.

11. Vorrichtung gemäß Anspruch 10, bei der die Einrichtung zum Aufbereiten ausgebildet ist, um einem Funksignal eines ortsfesten Funkstellers eine vorbestimmte Signaleigenschaft zuzuordnen, falls von dem Funksteller keine Signaleigenschaft ermittelbar ist, um jeweils eine gleiche Anzahl von ermittelten Eigenschaften pro Zeitintervall ΔT für eine Mehrzahl von Funkstellern an der Position zu erhalten.

12. Vorrichtung gemäß Anspruch 10 oder 11, wobei die Einrichtung zum Aufbereiten ausgebildet ist, um bei $RSSI_k(i+1) < (RSSI_k(i) - \Delta RSSI_k)$ $RSSI_k(i+1) = RSSI_k(i)$ zu setzen, wobei sich $RSSI_k(i+1) = RSSI_k(i)$ nur zweimal für jeweils zwei aufeinanderfolgende Messwerte wiederholen darf, und wobei $RSSI_k(i)$ ein Maß für einen an der Position beim i-ten Messwert ermittelte Feldstärke eines Funksignals eines k-ten ortsfesten Funkstellers ist.

13. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei die Einrichtung zum Aufbereiten einen Tiefpassfilter aufweist, um einen mittleren Signalverlauf der Eigenschaften der Funksignale der ortsfesten Funkstellers ermitteln zu können.

14. Vorrichtung gemäß Anspruch 13, wobei der Tiefpassfilter ein Butterworth-Tiefpassfilter zweiter Ordnung ist.

15. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 13 oder 14, wobei die Einrichtung zum Aufbereiten ferner eine Einrichtung zum Interpolieren des mittleren Signalverlaufs (**70**) aufweist, wobei die Einrichtung zum Interpolieren ausgebildet ist, um den mittleren Signalverlauf (**70**) zu interpolieren, wenn ein Maximum (maxAbl) zwischen einem zweiten (ndg2) und dritten Nulldurchgang (ndg3) der Ableitung (**74**) des Signalverlauf größer als X_1 und ein Minimum (minAbl) zwischen einem ersten (ndg1) und dem zweiten Nulldurchgang (ndg2) der Ableitung (**74**) des Signalverlaufs kleiner als X_2 oder das Maximum (maxAbl) zwischen dem zweiten (ndg2) und dritten Nulldurchgang (ndg3) der Ableitung (**74**) des Signalverlaufs größer als X_3 und das Minimum (minAbl) zwischen dem ersten (ndg1) und zweiten Nulldurchgang (ndg2) der Ableitung (**74**) des Signalverlaufs kleiner als X_4 ist.

16. Vorrichtung gemäß Anspruch 15, wobei $X_1 = 0,5$, $X_2 = -1$, $X_3 = 1$ und $X_4 = -0,5$ ist.

17. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Einrichtung zum Vergleichen ausgebildet ist, um einen Teil der ermittelten Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften eines Referenzweges zu vergleichen, wobei der Teil ermittelte Eigenschaften bedeutet, die um ein Vielfaches des vordefinierten zeitlichen Abstandes ΔT auseinander liegen, in dem die Eigenschaften ermittelt wurden.

18. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Einrichtung zum Vergleichen ausgebildet ist, um einem der Position auf dem Weg entsprechenden gesuchten Messpaket (gesMP) von Feldstärken diejenigen N ortsfesten Funkstellers zuzuordnen, welche an der Position die N stärksten Feldstärken aufweisen und entsprechend der Feldstärken zu ordnen und dann das gesuchte Messpaket (gesMP) mit einem entsprechend vorher bestimmten Messpaket (MP*) des Referenzweges zu vergleichen.

19. Vorrichtung gemäß Anspruch 18, bei der die Einrichtung zum Vergleichen mittels einer ersten Vergleichsstufe (**90**) eine Ähnlichkeit zwischen dem gesuchten Messpaket (gesMP) und dem Referenzmesspaket (MP*) genau dann feststellt, wenn mindestens N-1 Funkstellers des gesuchten Messpakets (gesMP) in dem Referenzmesspaket (MP*) enthalten sind und der stärkste Funkstellers aus dem gesuchten Messpaket (gesMP) unter den stärksten beiden Funkstellern des Referenzmesspakets (MP*) ist und der N. stärkste Funkstellers des gesuchten Messpakets (gesMP) nicht unter den stärksten beiden Funkstellern aus dem Referenzmesspaket (MP*) ist und der zweitstärkste Funkstellers aus dem gesuchten Messpaket (gesMP) unter dem stärksten N-1 Funkstellern aus dem Referenzmesspaket (MP*) ist, wobei bei einer Ähnlichkeit das entsprechende Referenzmesspaket in eine Ergebnismenge (EM1) der ersten Vergleichsstufe eingeht.

20. Vorrichtung gemäß Anspruch 19, bei der die Einrichtung zum Vergleichen ferner eine zweite Vergleichsstufe (**98**) aufweist, die ausgebildet ist, um mit der Ergebnismenge (EM1) der ersten Vergleichsstufe (**90**) eine Standardabweichung (σ) zwischen den Ergebnissen der Ergebnismenge (EM1) und des gesuchten Messpakets (gesMP) gemäß

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{x=1}^N (d_x - d_m)^2}$$

zu ermitteln, wobei d_x einen Betrag der Differenz zwischen RSSI-Werten zweier identischer ortsfester Funksender aus dem gesuchten Messpaket (gesMP) und einem Referenzmesspaket (MP*) aus der Ergebnismenge (EM1) der ersten Vergleichsstufe bedeutet und d_m einen Mittelwert der Differenzen d_x bedeutet.

21. Vorrichtung gemäß Anspruch 20, bei der die Einrichtung zum Vergleichen den Mittelwert d_m gemäß

$$d_m = \frac{2d_1 + 2d_2 + d_3 + d_4}{6}$$

bestimmt, wenn vier Funksender aus dem gesuchten Messpaket (gesMP) mit vier Funksendern des Referenzmesspakets (MP*) aus der Ergebnismenge (EM1) der ersten Vergleichsstufe übereinstimmen.

22. Vorrichtung gemäß Anspruch 20, bei der die Einrichtung zum Vergleichen den Mittelwert d_m gemäß

$$d_m = \frac{2d_1 + 2d_2 + d_3 + d_4 + d_5}{7}$$

bestimmt, wenn fünf Funksender aus dem gesuchten Messpaket (gesMP) mit fünf Funksendern des Referenzmesspakets (MP*) aus der Ergebnismenge (EM1) der ersten Vergleichsstufe übereinstimmen.

23. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 20 bis 22, bei der ein Referenzmesspaket (MP*) in eine Ergebnismenge (EM2) der zweiten Vergleichsstufe (**98**) aufgenommen wird, wenn σ kleiner ist als ein vorbestimmter Grenzwert.

24. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 19 bis 23, bei der die Einrichtung zum Vergleichen ferner eine dritte Vergleichsstufe (**102**) aufweist, die ausgebildet ist, um festzustellen, ob eine von einer Feldstärke eines ortsfesten Funksenders abhängige Position des Funksender innerhalb des gesuchten Messpakets (gesMP) einer Position desselben Funksenders innerhalb eines Referenzmesspakets (MP*) aus der Ergebnismenge (EM1) der ersten Vergleichsstufe entspricht.

25. Vorrichtung gemäß Anspruch 24, bei der die dritte Vergleichsstufe (**102**) ausgebildet ist, um Blöcke von bzgl. einer Empfangsfeldstärke benachbarten Funksendern in dem gesuchten Messpaket (gesMP) und dem Referenzmesspaket (MP*) zu bilden, wobei eine Differenz von den Funksendern zuordenbaren Feldstärken des Funksenders mit der stärksten Feldstärke und des Funksenders mit der kleinsten Feldstärke eines Blocks einen definierten Betrag nicht überschreitet.

26. Vorrichtung gemäß Anspruch 25, bei der der definierte Betrag in einem Bereich von 0 dB bis 10 dB und vorzugsweise in einem Bereich von 1 dB bis 3 dB liegt.

27. Vorrichtung gemäß Anspruch 25 oder 26, bei der die dritte Vergleichsstufe (**102**) ausgebildet ist, um eine Ähnlichkeit zwischen dem gesuchten Messpaket (gesMP) und dem Referenzmesspaket (MP*) aus der Ergebnismenge (EM1) der ersten Vergleichsstufe festzustellen, wenn ein definierter Funksender aus einem Block von Funksendern aus dem gesuchten Messpaket (gesMP) an einer Position innerhalb des Referenzmesspakets (MP*) liegt, wobei die Position durch die Position der Blockgrenzen eingeschränkt ist.

28. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung zum Vergleichen ausgebildet ist, um eine Auswertungsergebnismenge (EM) basierend auf Ergebnissen der zweiten Vergleichsstufe (EM2) zu bilden, falls ein Umfang (em2) der Ergebnismenge der zweiten Vergleichsstufe größer als A ist.

29. Vorrichtung gemäß Anspruch 28, wobei A = 3 ist.

30. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung zum Vergleichen ausgebildet ist, um eine höherwertige Ergebnismenge (EM+) basierend auf einer besseren Ergebnismenge (EM3b) der dritten Vergleichsstufe (**102**) zu bilden, falls der Umfang (em3b) der besseren Ergebnismenge (EM3b) der dritten Vergleichsstufe (**102**) größer gleich A und keiner B ist, wobei A < B.

31. Vorrichtung gemäß Anspruch 29 oder 30, wobei B = 15 ist.

32. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung zum Vergleichen ausgebildet ist, um eine höherwertige Ergebnismenge (EM+) basierend auf einer Schnittmenge der Menge der besseren Ergebnisse (EM3b) der dritten Vergleichsstufe (**102**) und der Menge der besseren Ergebnisse

(EM1b) der ersten Vergleichsstufe zu bilden, falls ein Umfang (em3b) der Menge der besseren Ergebnisse (EM3b) der dritten Vergleichsstufe größer oder gleich B ist, und ein Umfang (em2) der Menge der Ergebnisse der zweiten Vergleichsstufe kleiner gleich A ist und ein Umfang der Schnittmenge kleiner als C ist.

33. Vorrichtung gemäß Anspruch 32, wobei $C = 2$ ist.

34. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung zum Vergleichen ausgebildet ist, um eine höherwertige Ergebnismenge (EM+) basierend auf der Menge der besseren Ergebnisse (EM3b) der dritten Vergleichsstufe (**102**) zu bilden, falls der Umfang (em2) der Ergebnismenge (EM2) der zweiten Vergleichsstufe (**98**) kleiner gleich A ist, ein Umfang (em3b) der Menge der besseren Ergebnisse (EM3b) der dritten Vergleichsstufe (**102**) größer gleich B ist und der Umfang (em1b3b) der Schnittmenge der besseren Ergebnisse (EM3b) der dritten Vergleichsstufe und der besseren Ergebnisse (EM1b) der ersten Vergleichsstufe kleiner als C ist.

35. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung zum Vergleichen ausgebildet ist, um eine minderwertige Ergebnismenge (EM-) basierend auf einer Schnittmenge (EM1b3) der Ergebnismenge (EM3) der dritten Vergleichsstufe (**102**) und der Menge der besseren Ergebnisse (EM1b) der ersten Vergleichsstufe zu bilden, falls ein Umfang (em1b3) dieser Schnittmenge (EM1b3) größer als D ist und kein Ergebnis gemäß einem der Ansprüche 28 bis 35 bestimmt werden konnte.

36. Vorrichtung gemäß Anspruch 35, wobei $D = 5$ ist.

37. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung zum Vergleichen ausgebildet ist, um eine minderwertige Ergebnismenge (EM-) basierend auf einer Ergebnismenge (EM3) der dritten Vergleichsstufe (**102**) zu bilden, falls der Umfang der Schnittmenge ((EM1b3) der Ergebnismenge (EM3) der dritten Vergleichsstufe (**102**) und der besseren Ergebnisse (EM1b) der ersten Vergleichsstufe (**90**) größer als E und kleiner als D ist und ein Umfang (em3) der Ergebnismenge (EM3) der dritten Vergleichsstufe (**102**) größer als F ist.

38. Vorrichtung gemäß Anspruch 37, wobei $E = 2$ und $F = 5$ ist.

39. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung zum Vergleichen ausgebildet ist, um die vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die den Referenzweg charakterisieren, auf eine Schleife und/oder einen Stillstand innerhalb des Referenzweges zu untersuchen, und diese der Schleife und/oder dem Stillstand entsprechenden Eigenschaften gegebenenfalls zu entfernen.

40. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung zum Vergleichen ausgebildet ist, um die vorher aufgezeichneten Eigenschaften mehrerer Referenzwege, auf Gemeinsamkeiten (Schnittpunkte) zu untersuchen und die Referenzwege zu einem Graph zu verbinden, wobei Schnittpunkte gleiche geographische Positionen in unterschiedlichen Referenzwegen kennzeichnen.

41. Vorrichtung gemäß Anspruch 40, die ferner eine Einrichtung zum Bestimmen eines Weges zu einer Position auf einem Referenzweg umfasst, wobei die Einrichtung zum Bestimmen des Weges ausgebildet ist, um den Weg durch einen Routing-Algorithmus basierend auf dem aus vorher aufgezeichneten Referenzwegen gebildeten Graphen zu bestimmen.

42. Vorrichtung gemäß Anspruch 41, wobei es sich bei dem Routing-Algorithmus um den Algorithmus von Dijkstra handelt.

43. Vorrichtung zum Lokalisieren einer Position auf einem Weg, wobei entlang des Weges Funksignale von fest positionierten Funksendern empfangbar sind, mit folgenden Merkmalen:
einer Einrichtung zum Messen von Eigenschaften der Funksignale der fest positionierten Funksender an der Position;
einer Einrichtung zum Übermitteln der gemessenen Eigenschaften zu einem Server; und
einer Einrichtung zum Empfangen von einer Lokalisierungsinformation von dem Server, wobei die Lokalisierungsinformationen auf einer Beziehung zwischen der Position und einem Referenzweg basieren, wobei die Beziehung durch ein Vergleichen der gemessenen Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die den Referenzweg charakterisieren, basiert.

44. Vorrichtung zum Lokalisieren einer Position auf einem Weg, wobei entlang des Weges Funksignale von

fest positionierten Funkseindern empfangbar sind, mit folgenden Merkmalen:
einer Einrichtung zum Erhalten von Eigenschaften der Funksignale der fest positionierten Funkseindern an der Position; und
einer Einrichtung zum Vergleichen der bestimmten Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die einen Referenzweg charakterisieren und zum Bestimmen einer Beziehung zwischen der Position und dem Referenzweg aufgrund eines Ergebnisses des Vergleichens.

45. Vorrichtung zum Ermitteln von Eigenschaften von Funksignalen entlang eines Weges, wobei entlang des Weges Funksignale von fest positionierten Funkseindern empfangbar sind, mit
einer Einrichtung zum Ermitteln von Eigenschaften der Funksignale von fest positionierten Funkseindern an der Position; und
einer Einrichtung zum Übermitteln der Eigenschaften zu einem Speicher, um mit den ermittelten Eigenschaften einen Referenzweg zu charakterisieren.

46. Verfahren zum Lokalisieren einer Position auf einem Weg, wobei entlang des Weges Funksignale von fest positionierten Funkseindern empfangbar sind, mit folgenden Schritten:
Ermitteln von Eigenschaften der Funksignale der fest positionierten Funkseindern an der Position; und
Vergleichen der ermittelten Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die einen Referenzweg charakterisieren; und
Bestimmen einer Beziehung zwischen der Position und dem Referenzweg aufgrund eines Ergebnisses des Vergleichens.

47. Verfahren zum Lokalisieren einer Position auf einem Weg, wobei entlang des Weges Funksignale von fest positionierten Funkseindern empfangbar sind, mit folgenden Schritten:
Messen von Eigenschaften der Funksignale der fest positionierten Funkseindern an der Position;
Übermitteln der gemessenen Eigenschaften zu einem Server; und
Empfangen von einer Lokalisierungsinformation von dem Server, wobei die Lokalisierungsinformation auf einer Beziehung zwischen der Position und einem Referenzweg basiert, wobei die Beziehung durch ein Vergleichen der gemessenen Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die den Referenzweg charakterisieren, basiert.

48. Verfahren zum Lokalisieren einer Position auf einem Weg, wobei entlang des Weges Funksignale von fest positionierten Funkseindern empfangbar sind, mit folgenden Schritten:
Erhalten von Eigenschaften der Funksignale der fest positionierten Funkseindern an der Position; und
Vergleichen der bestimmten Eigenschaften mit vorher aufgezeichneten Eigenschaften, die einen Referenzweg charakterisieren und zum Bestimmen einer Beziehung zwischen der Position und dem Referenzweg aufgrund eines Ergebnisses des Vergleichens.

49. Verfahren zum Ermitteln von Eigenschaften von Funksignalen entlang eines Weges, wobei entlang des Weges Funksignale von fest positionierten Funkseindern empfangbar sind, mit folgenden Schritten:
Ermitteln von Eigenschaften der Funksignale von fest positionierten Funkseindern an der Position; und
Übermitteln der Eigenschaften zu einem Speicher, um mit den ermittelten Eigenschaften einen Referenzweg zu charakterisieren.

50. Computer-Programm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens zum Lokalisieren einer Position gemäß einem der Ansprüche 46, 47, 48 oder 49, wenn das Computer-Programm auf einem Computer abläuft.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

FIG 1

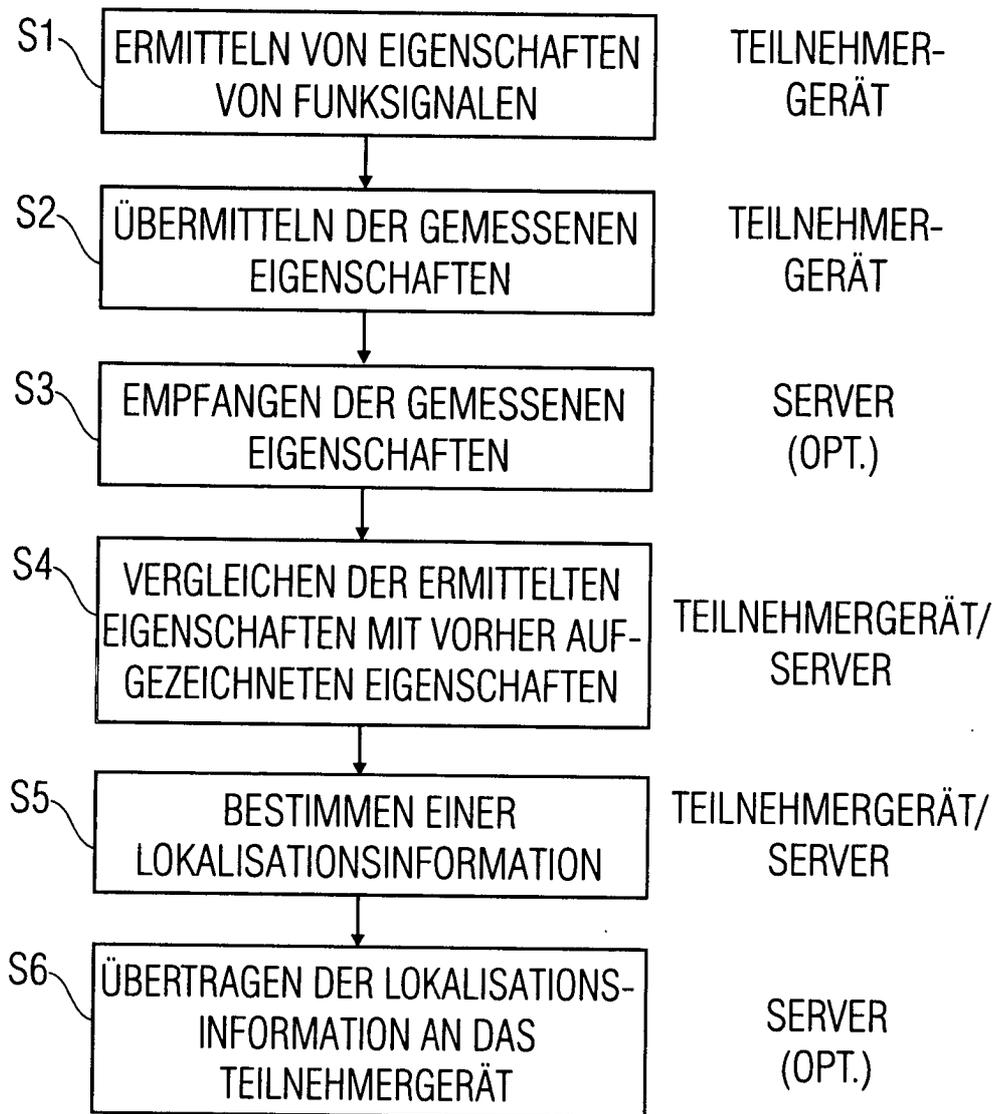


FIG 2

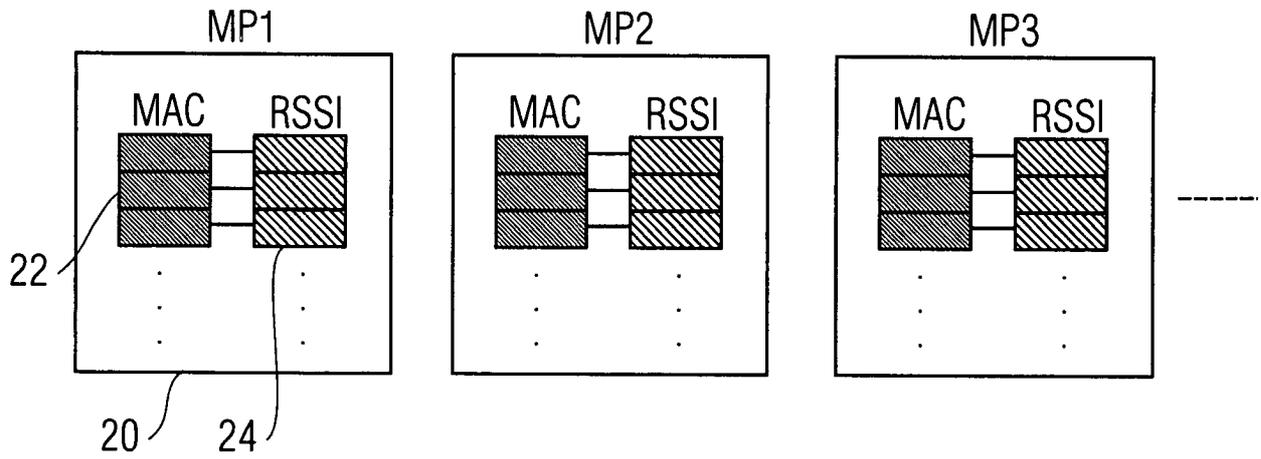


FIG 3

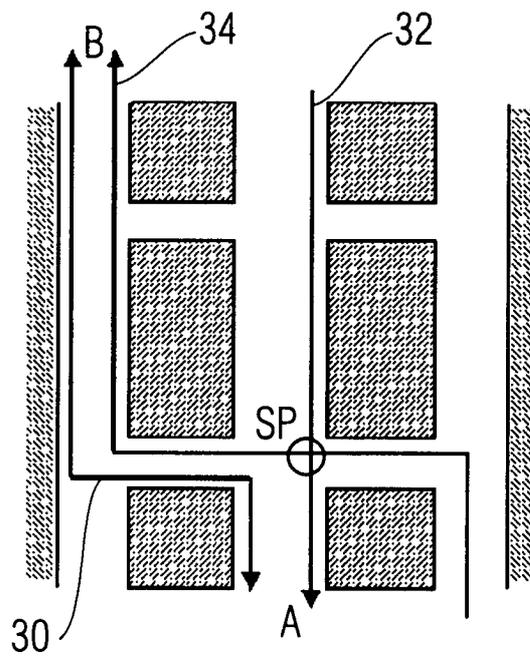


FIG 4

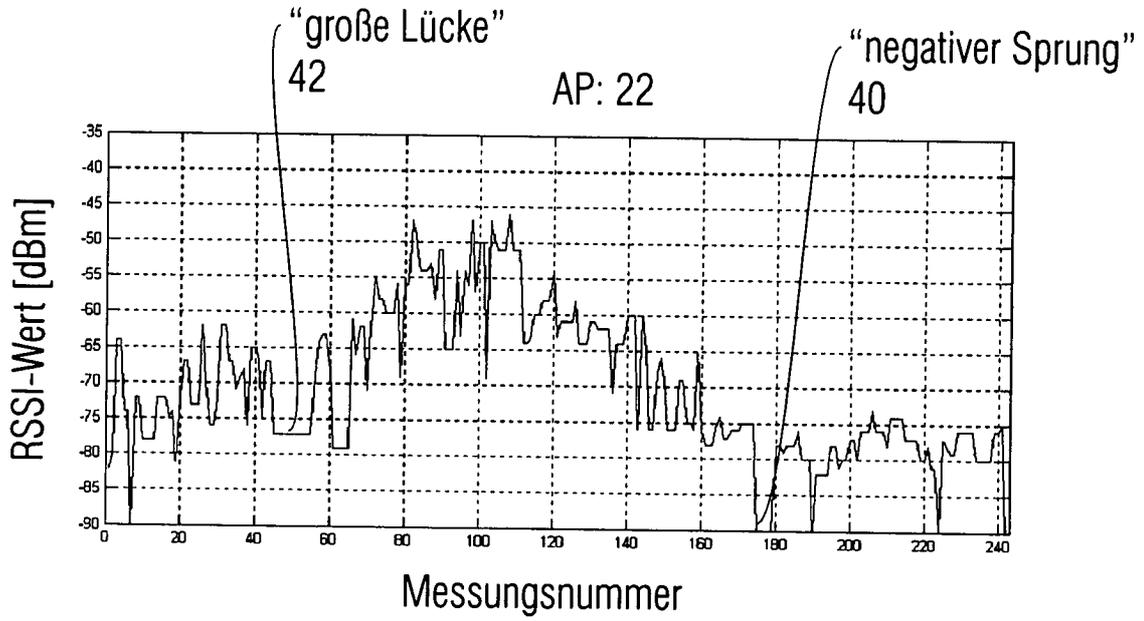


FIG 5

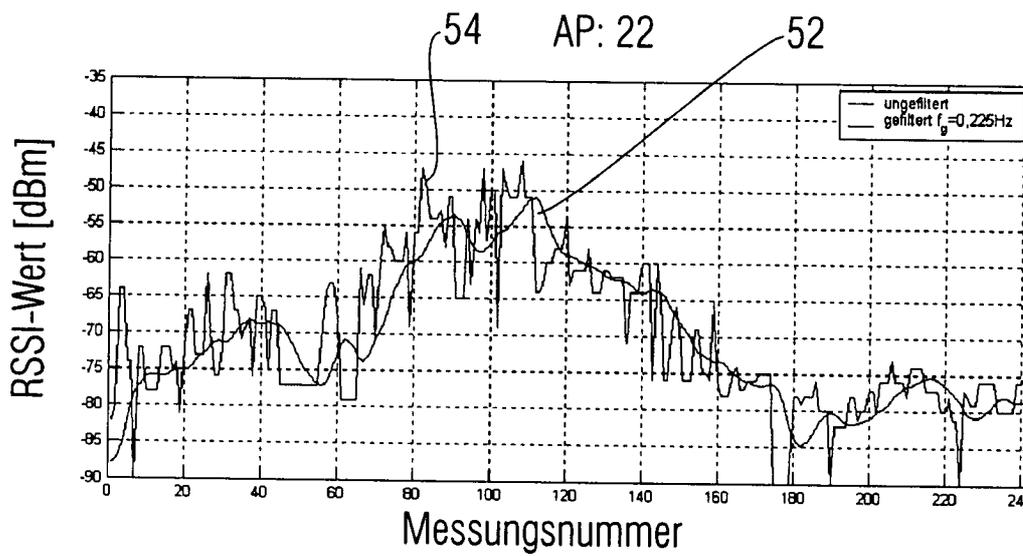


FIG 6

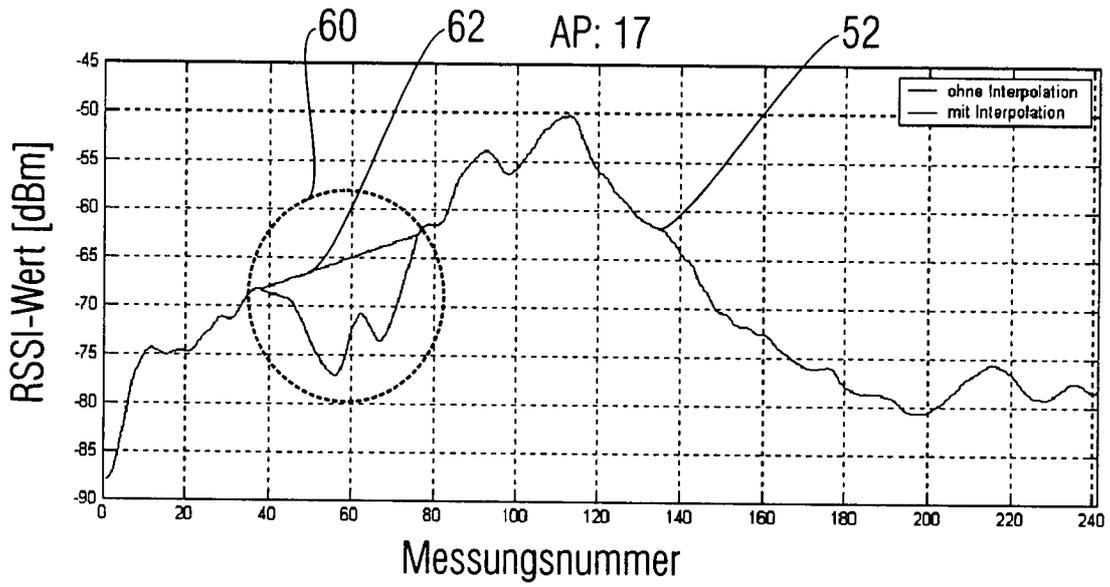


FIG 7

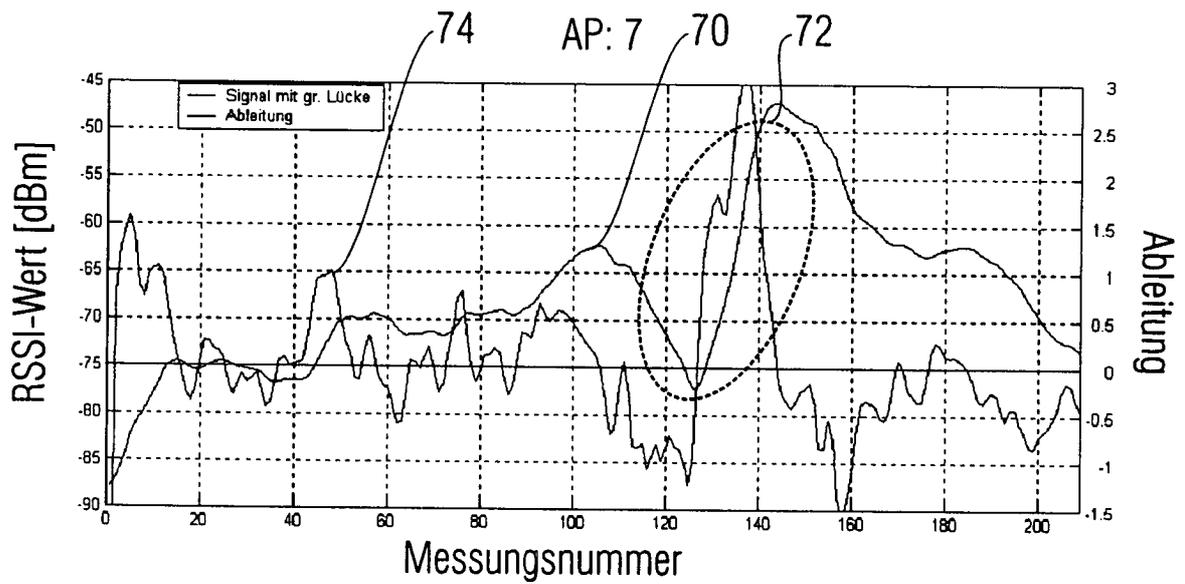


FIG 8

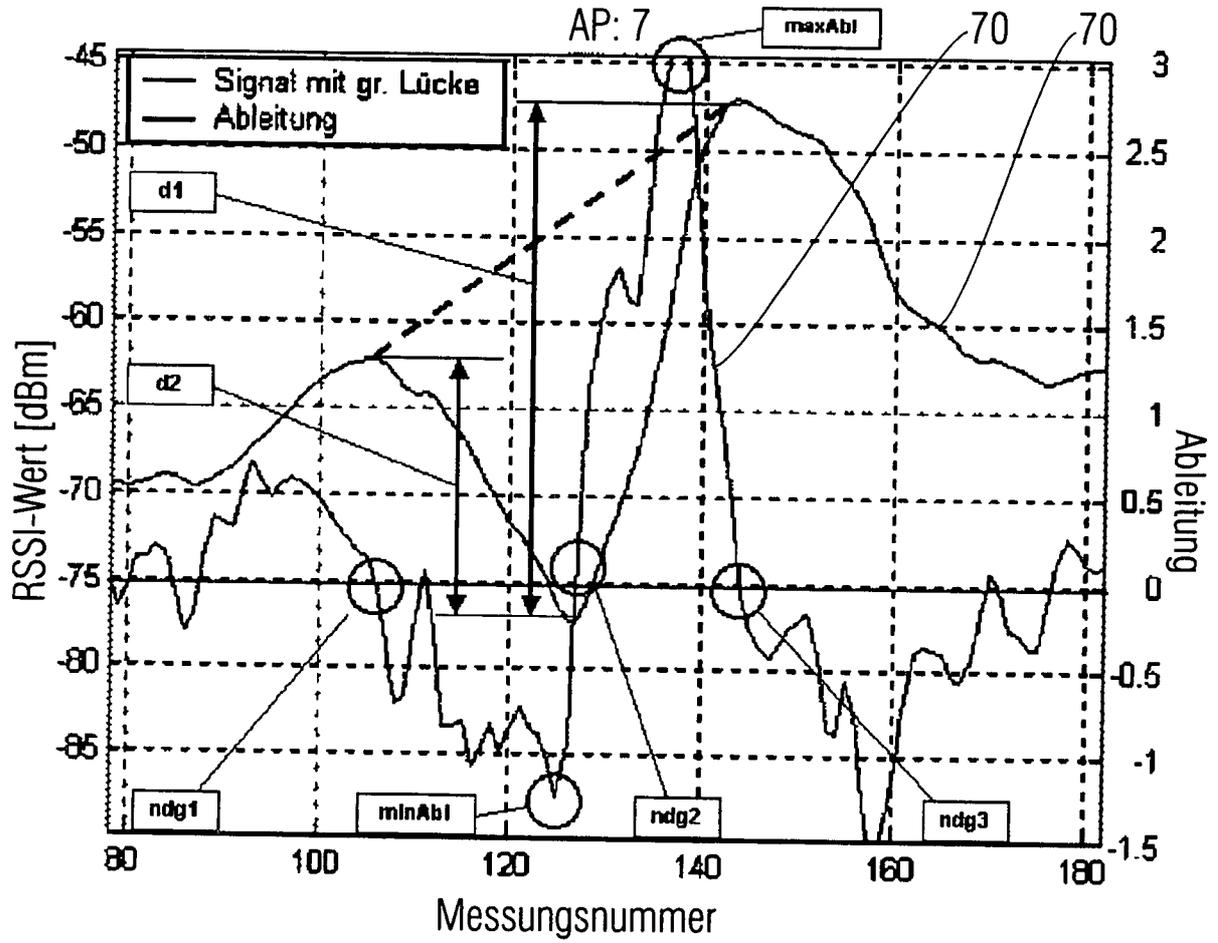


FIG 9

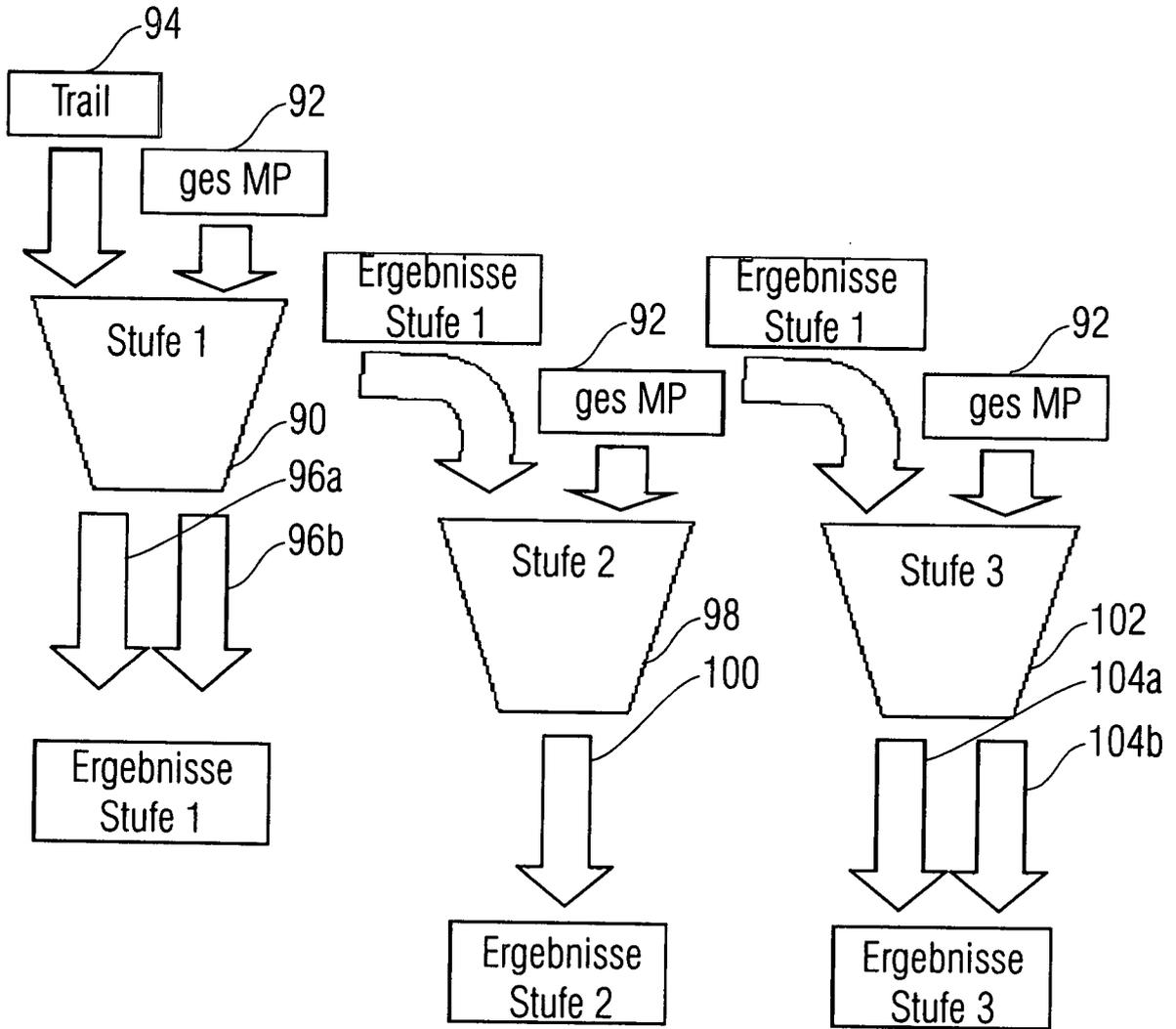


FIG 10a

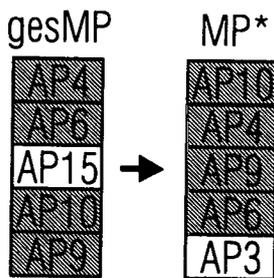


FIG 10b

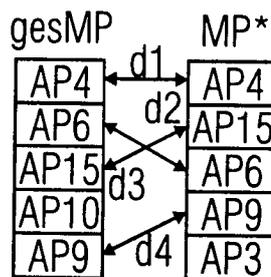


FIG 10c

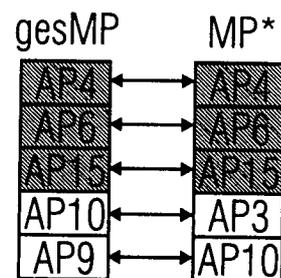


FIG 11a

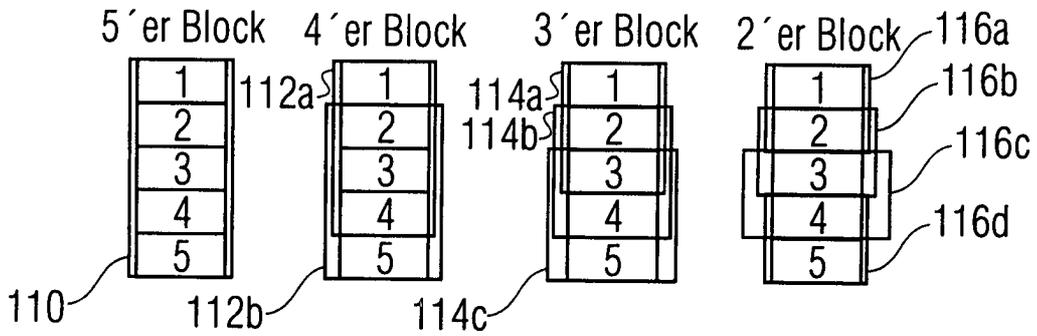


FIG 11b

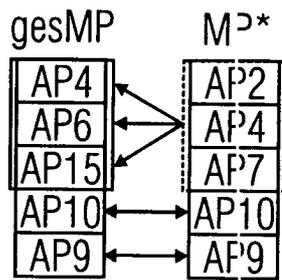


FIG 11c

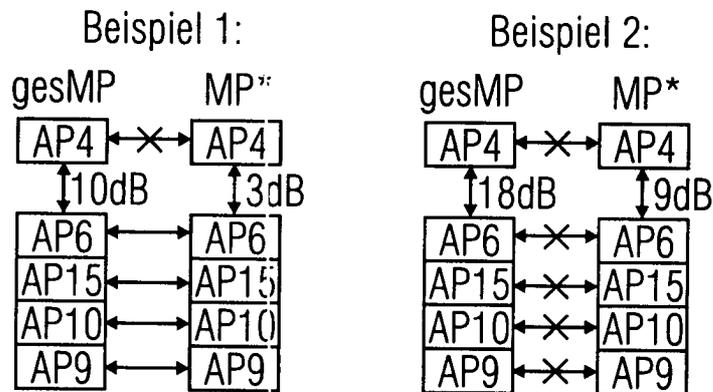


FIG 12

höherwertige Ergebnisse

$em2 > A$	$A \leq em3b < B$	$em3b \geq B$	
$EM \leftarrow EM2$	$EM+ \leftarrow EM3b$	ja	nein
		$em1b3b \geq C$	
		$EM+ \leftarrow EM1b3b$	$EM+ \leftarrow EM3b$

FIG 13

minderwertige Ergebnisse

ja	$em1b3 > D(D)$			nein
$EM- \leftarrow EM1b3$	ja	$em1b3 > E$ & $em3 > F$		nein
	$EM- \leftarrow EM3$	ja	$em1b \geq G$	
ja		nein	$EM- \leftarrow EM1$	
		$EM- \leftarrow EM1b$	$EM- \leftarrow EM1$	

FIG 14

single SP:

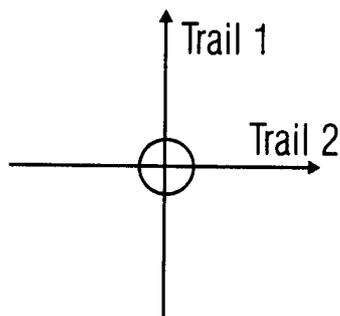


FIG 15

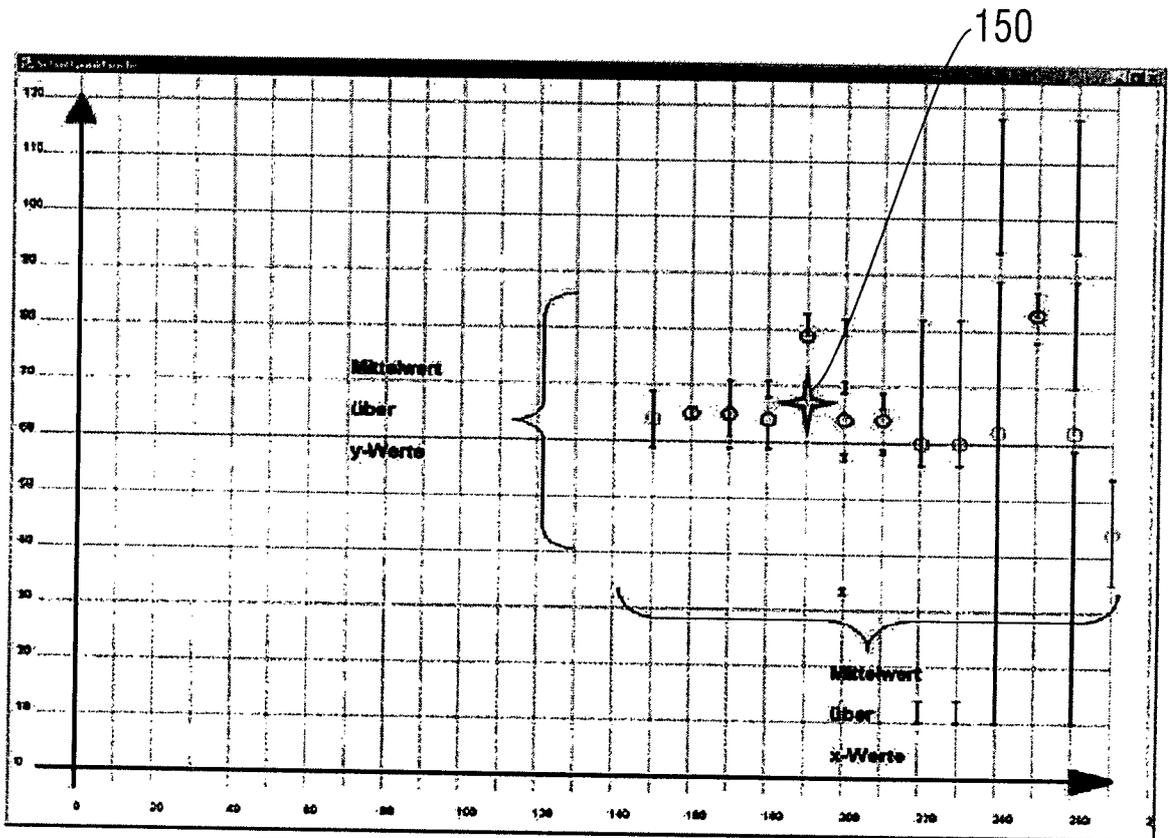


FIG 16

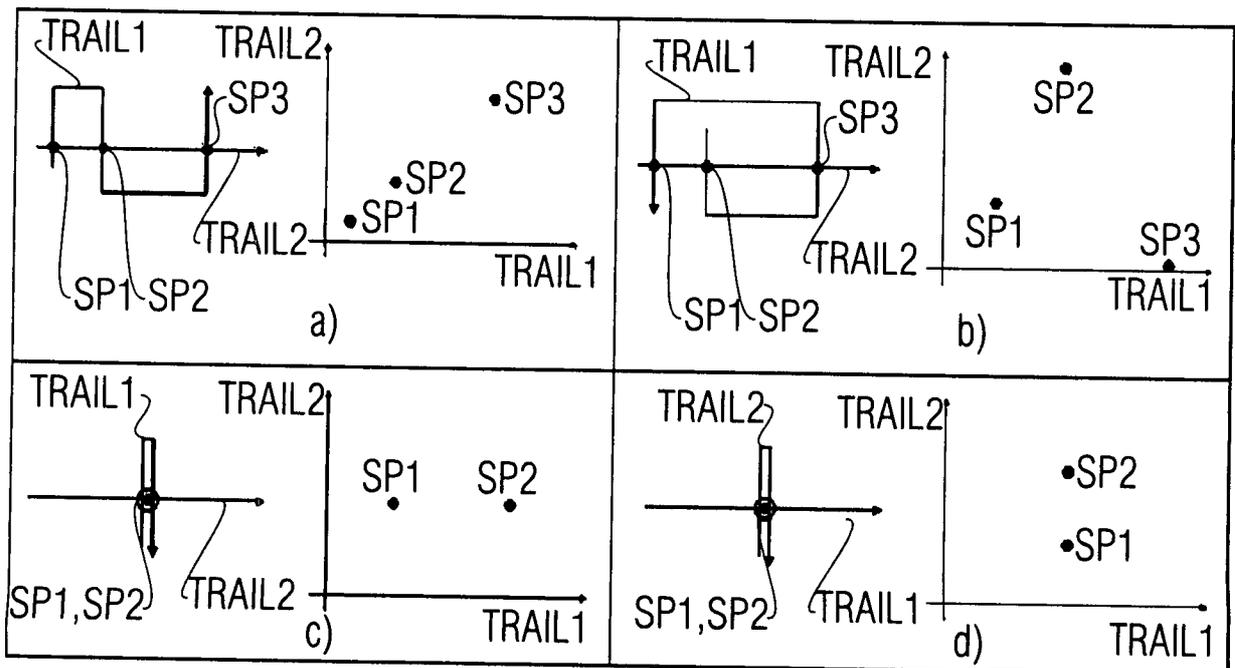


FIG 17

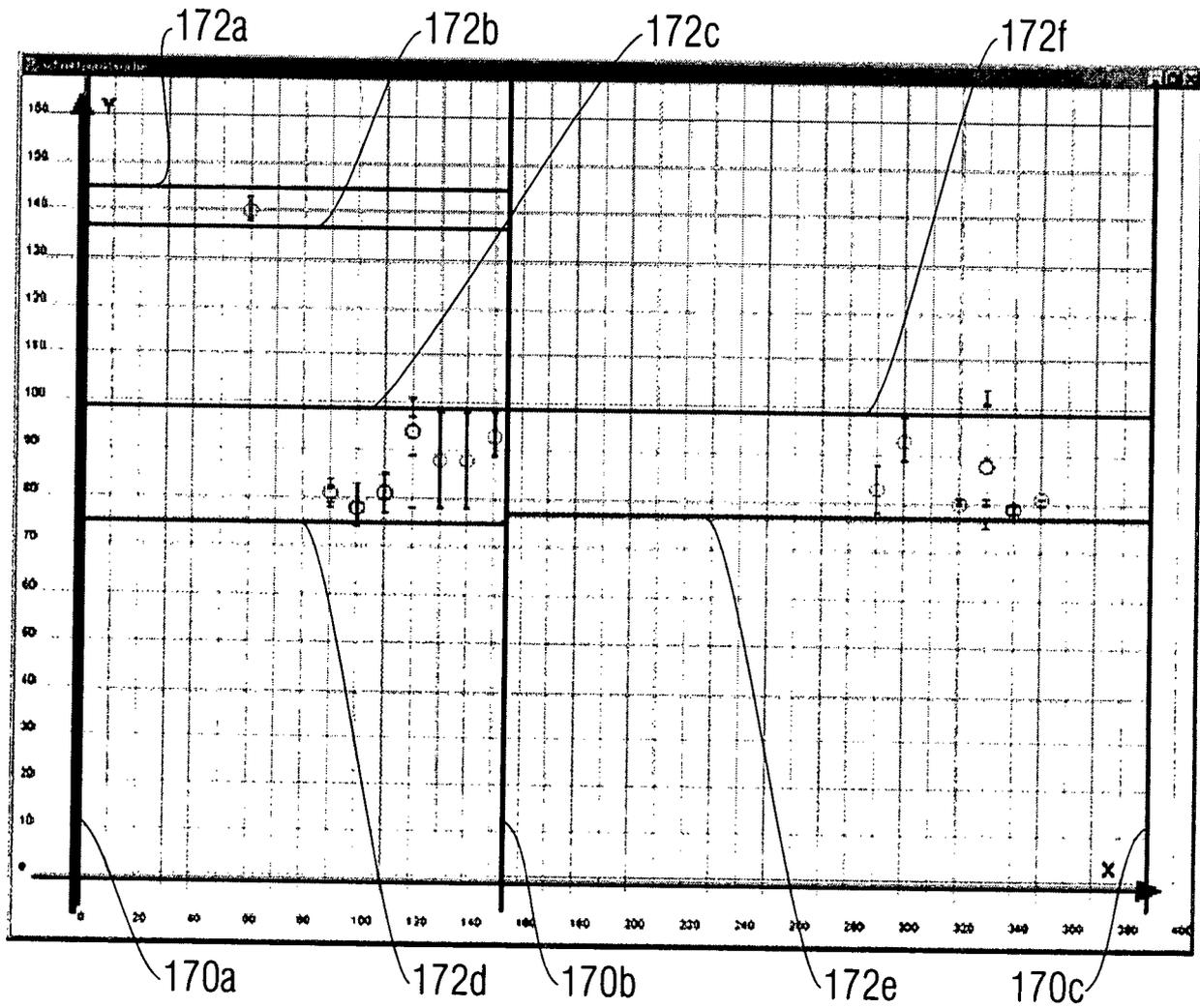


FIG 18

on Trail:

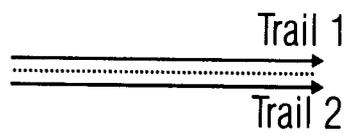


FIG 19

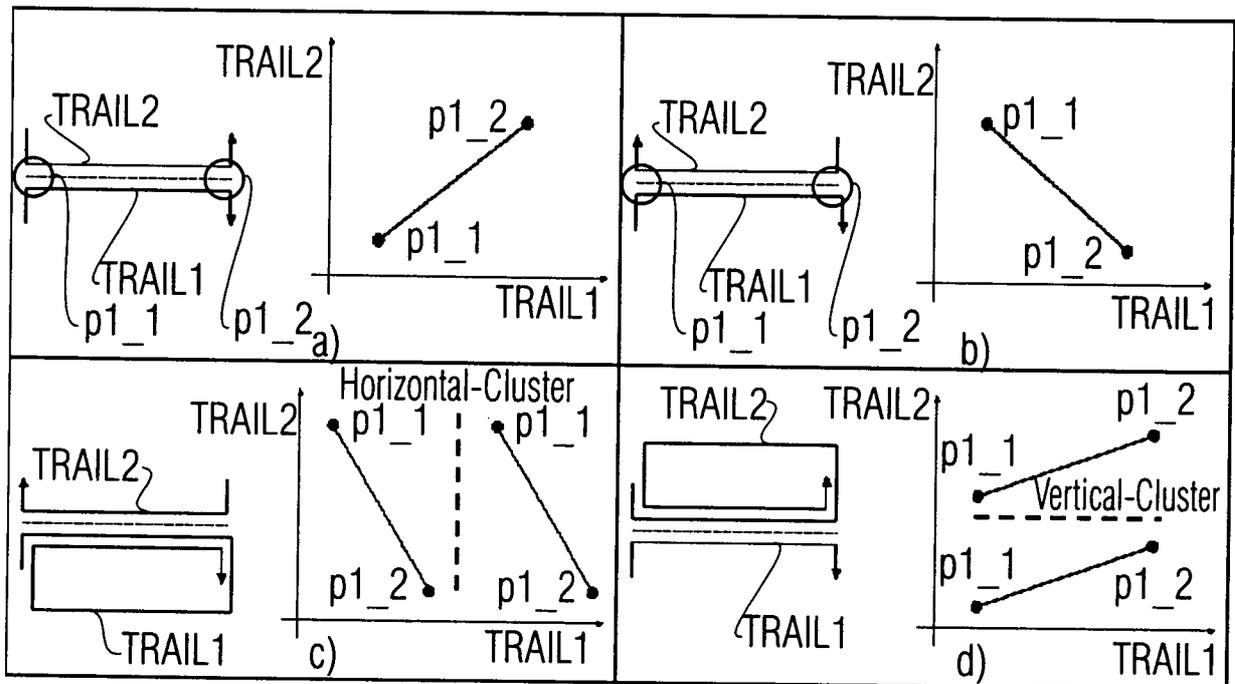


FIG 20

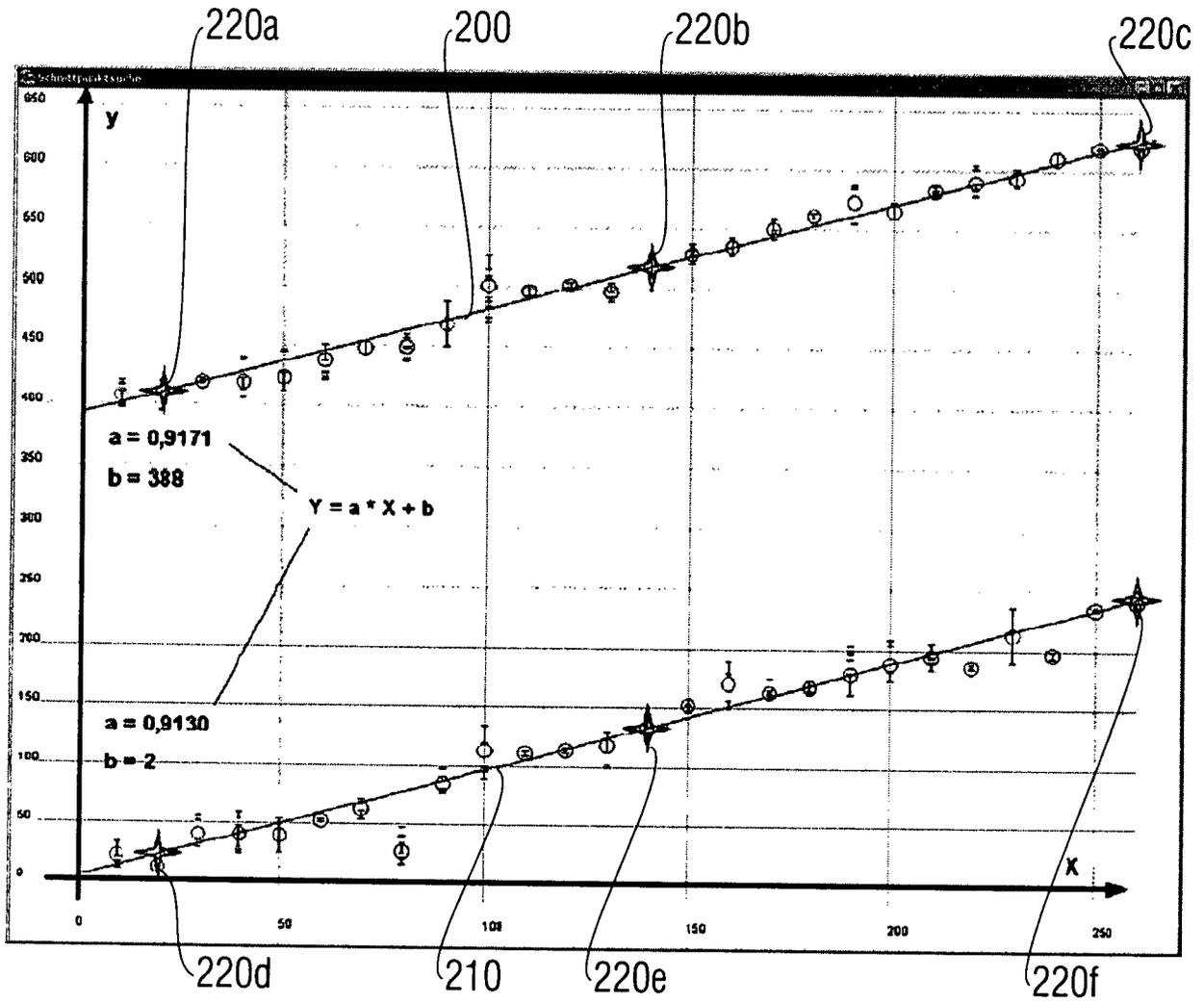


FIG 21

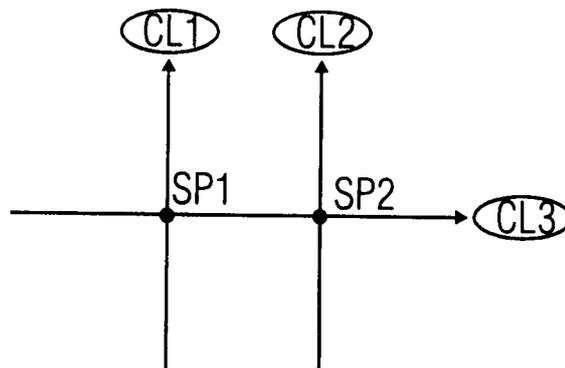


FIG 22a

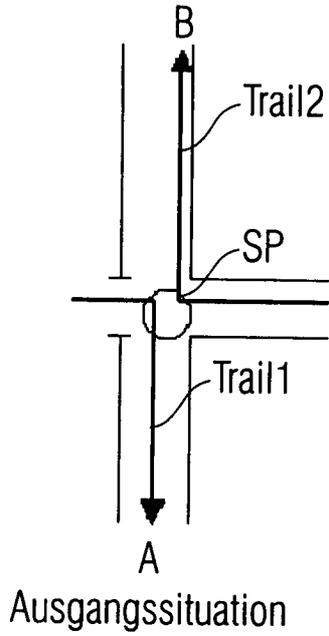


FIG 22b

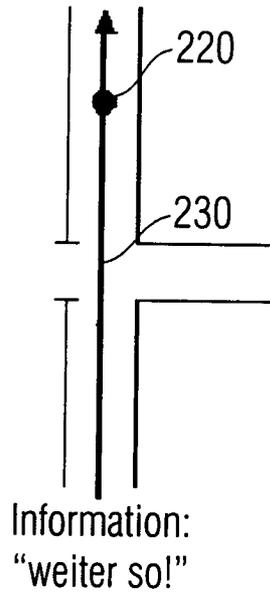


FIG 22c

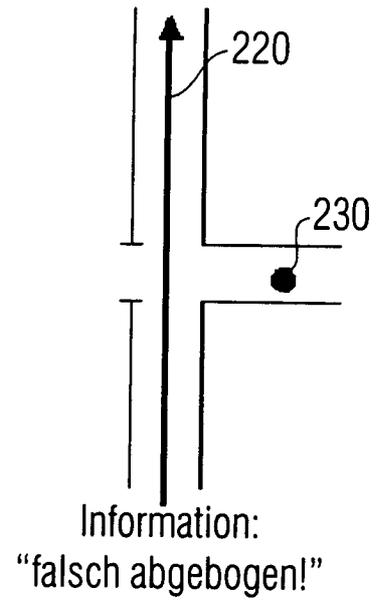


FIG 23

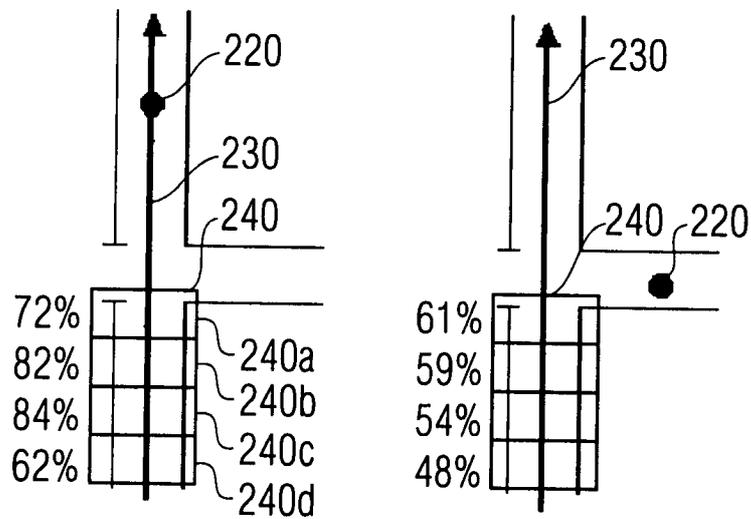


FIG 24

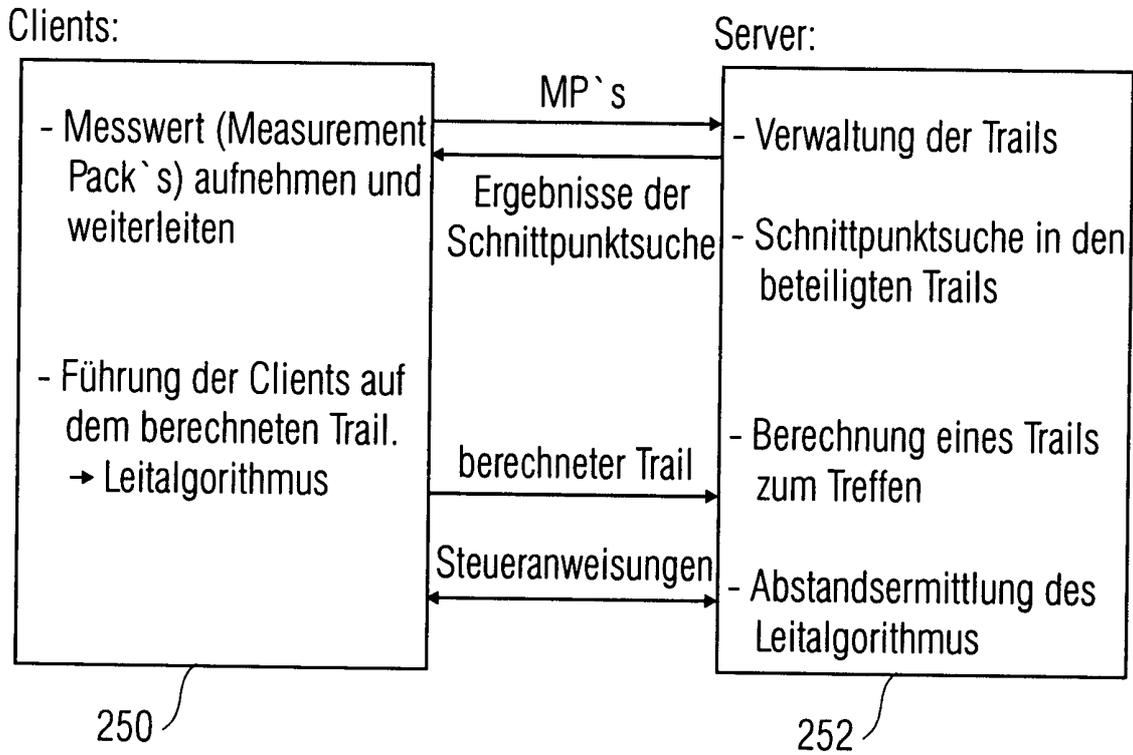


FIG 25

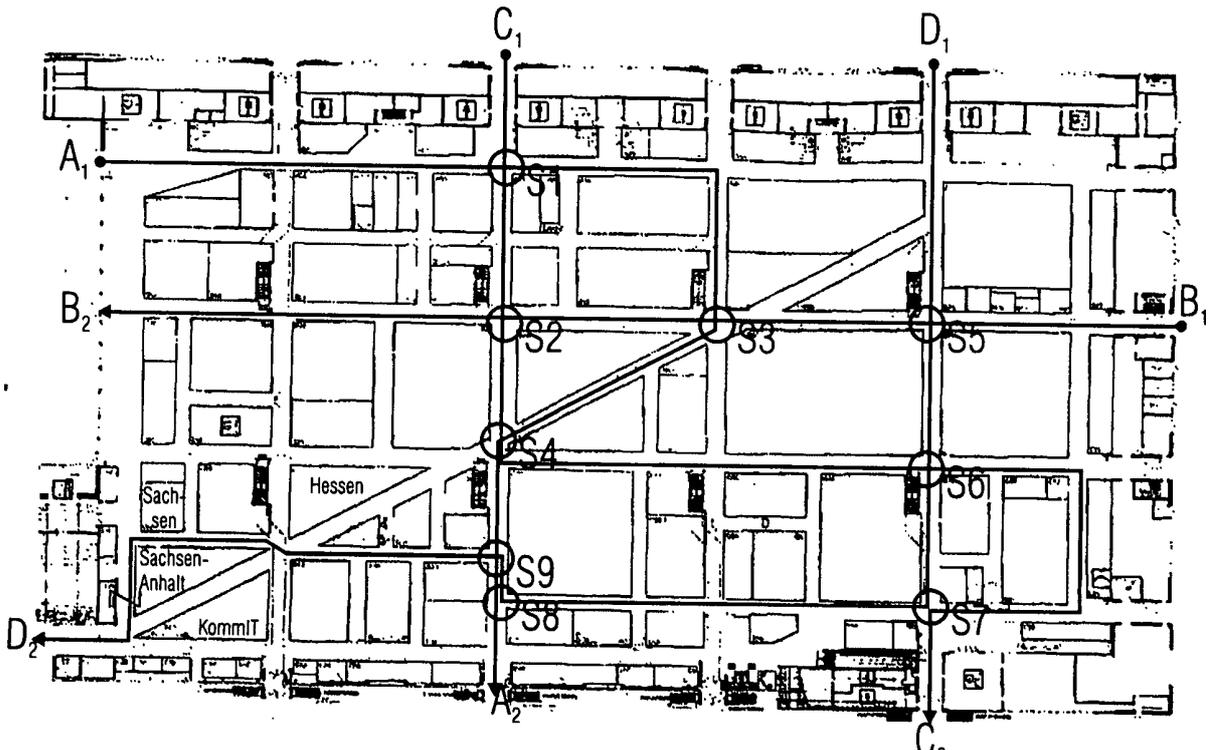


FIG 26a

FIG 26b

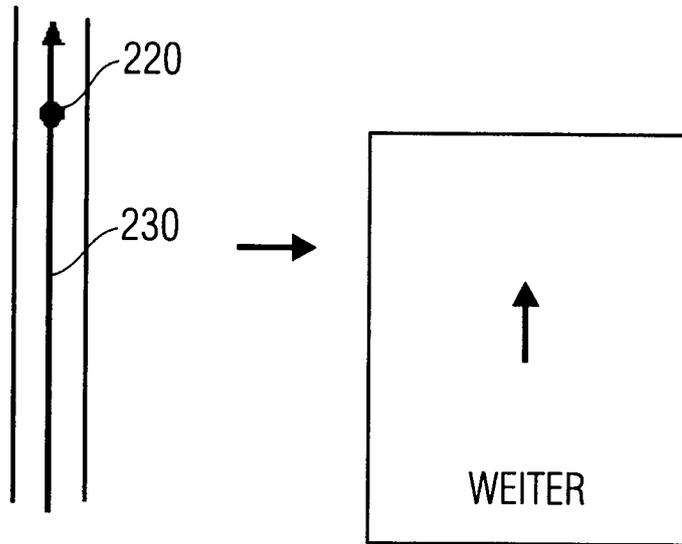


FIG 26c

FIG 26d

