



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 023 266 A1** 2006.01.05

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 023 266.3**

(22) Anmeldetag: **20.05.2005**

(43) Offenlegungstag: **05.01.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G01C 21/30** (2006.01)

G01C 21/26 (2006.01)

G05D 1/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

10/869,188 **16.06.2004** **US**

(71) Anmelder:

DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Taliwal, Vikas, Palo Alto, Calif., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 198 30 331 A1

DE 101 29 444 A1

DE 100 21 373 A1

US2004/00 44 477 A1

US 57 74 824 A

US 54 88 559 A

US 53 94 333 A

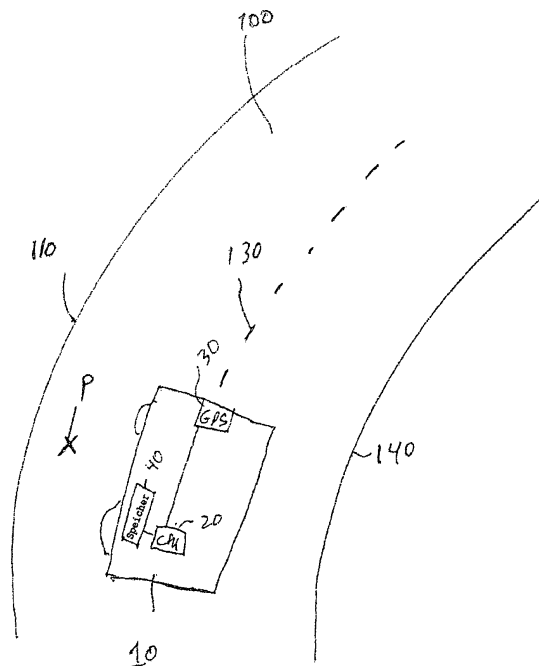
EP 13 00 652 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Einrichtung zum Verbessern der GPS-Basierten Positionierung von Fahrzeugen auf Strassen**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Schätzen eines Fehlers in von einem Fahrzeug verwendeten GPS-Signalen schätzt einen Fehler in den von dem Fahrzeug empfangenen GPS-Signalen als Funktion einer Differenz bei einer Geometrie der GPS-Signale hinsichtlich eines gekrümmten Abschnitts der Straße. Es werden auch eine Einrichtung und ein Fahrzeug zum Einsetzen des Verfahrens bereitgestellt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zum Verbessern der Positionierung von Fahrzeugen unter Verwendung eines GPS-(global satellite positioning)-Geräts und Straßeninformationen.

Stand der Technik

[0002] GPS-Geräte für Fahrzeuge können Positions- und Kurs-, d.h. Richtungsinformationen liefern. Typische Nicht-Differential-GPS-Geräte können bei Längen- und Breitenmessungen Fehler von bis zu 10 m bis 15 m aufweisen.

[0003] Digitale Straßenkarten, auch als Stadtpläne bezeichnet, liefern alle Arten digitaler Informationen über Straßen, wie etwa ihre physikalischen Koordinaten und ob die Straßen Einbahnstraßen sind oder nicht. Die Geometrie einer Straße, ob beispielsweise ein Abschnitt der Straße gerade oder gekrümmt ist, kann somit aus den digitalen Straßenkarteninformationen an jeder Stelle in Erfahrung gebracht werden.

[0004] Die US-Patente Nr. 5,058,023 und 6,249,246, die deutsche Patentanmeldung Nr. 101 29 444 und die europäischen Patentanmeldungen Nr. 0 523 860 und 0 738 877 beschreiben Verfahren und/oder Einrichtungen zum Verbessern der Genauigkeit der Fahrzeugpositionierung.

Aufgabenstellung

[0005] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Verbesserung der Genauigkeit der Fahrzeugpositionierung unter Verwendung eines GPS-Geräts und Straßeninformationen.

[0006] Die vorliegende Erfindung stellt ein Verfahren bereit zum Schätzen eines Fehlers in von einem Fahrzeug verwendeten GPS-Signalen, mit dem folgenden Schritt: Schätzen eines Fehlers in den von dem Fahrzeug empfangenen GPS-Signalen als Funktion einer Differenz bei einer Geometrie der GPS-Signale hinsichtlich eines gekrümmten Abschnitts der Straße und einer Geometrie des gekrümmten Abschnitts der Straße.

[0007] Auf einem gekrümmten Abschnitt der Straße liefern die GPS-Signale hinsichtlich des gekrümmten Abschnitts, die eine gekrümmte GPS-Spur definieren, allgemein eine andere Geometrie als die Geometrie des gekrümmten Abschnitts der Straße an den GPS-Spurpunkten. Die Geometrie des gekrümmten Abschnitts der Straße kann beispielsweise anhand von Positionsinformationen von einer den gekrümmten Abschnitt betreffenden digitalen Straßenkarte bestimmt werden. Alternativ kann die digitale Straßenkarte spezifische Kurveninformationen wie etwa ei-

nen Krümmungsradius der Kurve an einer Mittellinie der Straße speichern. Die tatsächlichen Positionsinformationen auf dem gekrümmten Abschnitt definieren eine Kartenspur für den gekrümmten Abschnitt.

[0008] Die Geometrie des gekrümmten Abschnitts der Straße wird bevorzugt an der Stelle der GPS-Signale bestimmt.

[0009] Das Verfahren kann weiterhin das Korrigieren der GPS-Signale als Funktion des Fehlers beinhalten, um korrigierte GPS-Signale bereitzustellen. Da GPS-Translationsfehler mit der Zeit langsam variieren, können die korrigierten GPS-Signale unter Verwendung der in dem gekrümmten Abschnitt bestimmten Fehler vorteilhafterweise für einen geraden Abschnitt hinter dem gekrümmten Abschnitt verwendet werden. Die Korrektur kann für einige zehn Minuten angewendet werden und kann wieder geschätzt werden, wenn das Fahrzeug einen weiteren gekrümmten Abschnitt passiert.

[0010] In der Kurve führt ein Translationsfehler bei der GPS-Spur entlang der Straße zu einem Versatz bei den Kursen, wohingegen ein Fehler quer zur Straße zu einem Versatz bei der Krümmung führt. Die Ausmaße an Translations- und Querfehlern können in der Kurve aufgrund der unterschiedlichen Geometrie der tatsächlichen Straßenkurve und der GPS-Spur detektiert werden. Somit sollten sich die GPS-Translations- und Querfehler selbst mit zufälligen GPS-Rauschfehlern und allen Fehlern bestimmen lassen, die die Kartenspur oder die tatsächliche Spur des Fahrzeugs bezüglich der Kartenspur betreffen.

[0011] Bevorzugt wird der GPS-Fehler, wenn das Fahrzeug im Uhrzeigersinn fährt, durch folgende Gleichungen geschätzt:

$$\Delta x = R_g \cos h_g - R_r \cos h_r; \text{ und}$$

$$\Delta y = R_g \sin h_g - R_r \sin h_r;$$

wobei der Fahrzeugkurs auf einen GPS-Punkt P h_g , der Straßenkurs bei P h_r , der Krümmungsradius des Fahrzeugwegs, d.h. die GPS-Punkte, bei P R_g und der Krümmungsradius der Straße bei P R_r ist.

[0012] Wenn das Fahrzeug entgegen dem Uhrzeigersinn fährt, wird die negative Aussage jeder der obigen Gleichung verwendet.

[0013] Die vorliegende Erfindung kann auch den Schritt des Bestimmens umfassen, ob das Fahrzeug im Uhrzeigersinn oder entgegen dem Uhrzeigersinn fährt, beispielsweise ab dem Richtungszug und dem Bogen der GPS-Spur.

[0014] Die Fehlergröße wird bevorzugt für jeden

Punkt auf der Spur über der Kurve bestimmt, und ein Mittelwert wird für Δx und Δy berechnet, die als die ungefähren Größen für den GPS-Positionsfehler verwendet werden.

[0015] Die Fehlergrößen können dann von zukünftigen GPS-Signalen subtrahiert werden, damit man korrigierte GPS-Signale erhält.

[0016] Die vorliegende Erfindung stellt auch eine Einrichtung zum Messen von GPS-Signalfehlern für ein Fahrzeug bereit, wobei die Einrichtung folgendes umfaßt: ein GPS-Gerät, einen Prozessor zum Bestimmen eines gekrümmten Abschnitts einer Straße und einen Speicher zum Speichern einer digitalen Straßenkarte, wobei der Prozessor einen Fehler in den von dem Fahrzeug empfangenen GPS-Signalen als Funktion einer Differenz bei einer Geometrie der GPS-Signale hinsichtlich des gekrümmten Abschnitts der Straße und einer Geometrie des gekrümmten Abschnitts der Straße schätzt.

[0017] Bei dem GPS-Gerät kann es sich vorteilhafterweise um ein Nicht-Differential-GPS-Gerät handeln.

[0018] Bei dem Speicher kann es sich um einen temporären Speicher handeln, der die digitalen Straßeninformationen über Funk empfängt, oder es kann sich bei ihm um irgendeine andere Art von Speichereinrichtung wie etwa eine Bord-CD-ROM handeln.

Ausführungsbeispiel

Zur Veranschaulichung der vorliegenden Erfindung zeigt

[0019] [Fig. 1](#) schematisch ein Fahrzeug gemäß der vorliegenden Erfindung in einer Kurve;

[0020] [Fig. 2](#) hypothetische Spurbildungen des Fahrzeugs durch einen ganzen kreisförmigen Abschnitt der Straße mit einem GPS-Gerät mit einem Längen- und Breitenfehler und

[0021] [Fig. 3](#) eine hypothetische Spurbildung durch eine kreisförmige Route mit einem GPS-Gerät mit einem reinen Längenfehler.

[0022] [Fig. 1](#) zeigt ein Fahrzeug **10** mit einem an einen GPS-Empfänger **30** angeschlossenen Prozessor **20**. Ein Speicher **40** liefert digitale Straßenkarteninformationen an den Prozessor **20**. Die digitalen Straßenkarteninformationen enthalten Informationen über eine einspurige Straße **100** mit einer Außengrenze **110** und einer Innengrenze **140**. Bei der Straße **100** kann es sich beispielsweise um eine Schnellstraße handeln, und Straßenkarteninformationen können die Straße **100** identifizieren, beispielsweise durch Bereitstellen detaillierter Positionsinformatio-

nen für Punkte entlang einer Mittellinie **130** der Straße **100**. Die Krümmung und somit der Krümmungsradius für den gekrümmten Abschnitt der Straße **100** kann somit anhand der Straßenkarteninformationen bestimmt werden. Der Straßenkurs für die Straße **100** entlang den Punkten der Kurve der Straße kann somit ebenfalls bestimmt werden. Alternativ könnten Informationen wie etwa der Krümmungsradius mit den Straßenkarteninformationen geliefert werden.

[0023] Aufgrund eines Fehlers bei den von dem GPS-Gerät **30** bereitgestellten Informationen kann das GPS-Gerät möglicherweise das Fahrzeug an einem Punkt P lokalisieren. An dem Punkt P auf der Kurve nach Bestimmung durch das GPS-Signal weist die Straße **100** einen Straßenkurs h_r und einen Krümmungsradius R_r auf, die anhand der digitalen Straßenkarteninformationen bestimmt oder geschätzt werden können, beispielsweise durch Schätzen der Entfernung von P von der Mittellinie **130**. Falls die digitale Karte weitere Informationen liefert, wie etwa Spurinformatoren oder Informationen über eine Grenze **140**, **110**, können auch mit diesen Informationen der Straßenkurs h_r und der Krümmungsradius R_r am Punkt P verbessert und/oder geschätzt werden. Es könnten auch digitale Karten mit Krümmungsradiusinformationen an Kurven erstellt und verwendet werden.

[0024] Das Fahrzeug weist einen Fahrzeugkurs h_g und einen Wegkrümmungsradius R_g auf, die anhand des GPS-Kurses und der Spurkrümmung geschätzt werden können. Die Kurse h_r und h_g können als ein Straßenwinkel im Uhrzeigersinn beispielsweise bezüglich der geographischen Nordrichtung ausgedrückt werden. Der Fahrzeugkurs h_g kann von dem GPS-Kurssignal entnommen oder anhand der GPS-Spur geschätzt werden, und der Krümmungsradius R_g kann anhand der GPS-Spur geschätzt werden.

[0025] [Fig. 2](#) veranschaulicht die vorliegende Erfindung unter Verwendung eines vereinfachten Beispiels, bei dem ein Fahrzeug in einem ganzen Kreis entlang einer Straße **100** mit einem Innenradius **120** von 2 Einheiten und einem Außenradius **110** von 6 Einheiten fährt. Das Fahrzeug fährt tatsächlich entlang einem Weg **130**, doch weist der GPS-Empfänger des Fahrzeugs einen Breiten- und Längenfehler auf, so daß es zu einer GPS-Spur **140** kommt. An einem Punkt P weist die Straße einen Krümmungsradius R_r von 5 Einheiten auf, wie durch den Kreis **150** angedeutet, während die GPS-Spur einen Krümmungsradius von 4 Einheiten aufweist.

[0026] Ein Fahrzeugkurs h_g kann anhand des GPS-Empfängers **30** bestimmt werden. Bei der vorliegenden Erfindung können die GPS-Kursinformationen als der Fahrzeugkurs h_g verwendet werden. Der Fahrzeugkurs h_g kann auch über zwei oder mehr

GPS-Positionsdatenpunkte bestimmt werden. Der Fahrzeugkurs kann als Winkel ab der geographischen Nordrichtung im Uhrzeigersinn ausgedrückt werden, wie dies für GPS-Informationen typisch ist.

[0027] Wie man anhand [Fig. 2](#) sehen kann, kann der GPS-Fehler, wenn das Fahrzeug im Uhrzeigersinn fährt, anhand der folgenden Gleichungen geschätzt werden:

$$\Delta x = R_g \cos h_g - R_r \cos h_r; \text{ und}$$

$$\Delta y = R_g \sin h_g - R_r \sin h_r;$$

wobei Δx der Fehler in der Längenrichtung und Δy der Fehler in der Breitenrichtung ist, der Fahrzeugkurs bei einem GPS-Punkt P h_g , der Straßenkurs bei P h_r , der Krümmungsradius des Fahrzeugwegs, d.h. die GPS-Punkte, bei P R_g und der Krümmungsradius der Straße bei P R_r ist.

[0028] Jeder GPS-Spurpunkt auf der Kurve kann verwendet und der Mittelwert zum Bestimmen des GPS-Fehlers genommen werden.

[0029] Man beachte, daß, falls das Fahrzeug entgegen dem Uhrzeigersinn fahren sollte, die Kurse h_r und h_g um jeweils 180° zunehmen, so daß sich aus den Formeln die negative Aussage des Fehlers im Uhrzeigersinn ergibt. Somit wird die negative Aussage der Formeln verwendet, wenn entgegen dem Uhrzeigersinn gefahren wird.

[0030] [Fig. 3](#) zeigt ein Beispiel, bei dem die GPS-Spur **140** im Uhrzeigersinn um eine Einheit in der x-Richtung, d.h. der Längenrichtung, versetzt ist. Beim Punkt P1 ist $h_g = h_r = 180^\circ$ und R_r ist gleich 3 und R_g ist gleich 4. Der Fehler in der x-Richtung beträgt somit $-4 + 3$ oder negativ 1, und Null in der y-Richtung. Bei Punkt P2 ist $h_g = h_r = 0$ und $R_r = 5$ und $R_g = 4$. Der Fehler in der x-Richtung beträgt wieder $4 - 5$ oder negativ 1 und Null in der y-Richtung. Bei einem Punkt P3, bei dem $h_g = 90$ Grad und R_g 4 Einheiten ist, ist $h_r = 76,0$ Grad und $R_r = 4,12$ Einheiten. Die Gleichungen liefern einen Fehler in der x-Richtung von negativ 1 und einen Fehler in der y-Richtung von Null, wie überall auf dem Kreis.

[0031] Für jeden Abschnitt des Kreises kann somit ein Mittelwert des Fehlers an allen GPS-Punkten auf der Kurve verwendet werden. Da der GPS-Translationsfehler relativ stabil ist, können die GPS-Punkte auf einem geraden Abschnitt dann mit Hilfe der an der Kurve erhaltenen Informationen korrigiert werden. Während eines nächsten Kurvenabschnitts in der Straße können die Fehlerberechnungen wieder durchgeführt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schätzen eines Fehlers in von einem Fahrzeug verwendeten GPS-Signalen, mit dem folgenden Schritt:

Schätzen eines Fehlers in den von dem Fahrzeug empfangenen GPS-Signalen als Funktion einer Differenz bei einer Geometrie der GPS-Signale hinsichtlich eines gekrümmten Abschnitts der Straße und einer Geometrie des gekrümmten Abschnitts der Straße.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Geometrie des gekrümmten Abschnitts der Straße an der Stelle der GPS-Signale bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, weiterhin mit dem Korrigieren der GPS-Signale während eines geraden Abschnitts der Straße hinter dem gekrümmten Abschnitt der Straße als Funktion des auf dem gekrümmten Abschnitt der Straße geschätzten Fehlers.

4. Verfahren nach Anspruch 3, weiterhin mit der Neuschätzung des Fehlers in einem weiteren gekrümmten Abschnitt hinter dem geraden Abschnitt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Größe des Fehlers unter Verwendung der folgenden Gleichungen geschätzt wird: $\Delta x = R_g \cos h_g - R_r \cos h_r$; und $\Delta y = R_g \sin h_g - R_r \sin h_r$, wobei R_g ein Krümmungsradius der GPS-Signale, R_r ein Krümmungsradius der Straße an einer Stelle der GPS-Signale, h_g ein Kurs der GPS-Signale und h_r ein Straßenkurs an einer Stelle der GPS-Signale ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, weiterhin mit dem Bestimmen, ob das Fahrzeug in dem gekrümmten Abschnitt im Uhrzeigersinn oder entgegen dem Uhrzeigersinn fährt.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Geometrie der GPS-Signale anhand mindestens drei GPS-Signalknoten bestimmt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Geometrie des gekrümmten Abschnitts der Straße anhand digitaler Straßenkarteninformationen bestimmt wird.

9. Einrichtung zum Messen von GPS-Signalfehlern für ein Fahrzeug, wobei die Einrichtung folgendes umfaßt
ein GPS-Gerät;
einen Prozessor zum Bestimmen eines gekrümmten Abschnitts einer Straße und
einen Speicher zum Speichern einer digitalen Straßenkarte, wobei der Prozessor einen Fehler in den von dem Fahrzeug empfangenen GPS-Signalen als Funktion einer Differenz bei einer Geometrie der GPS-Signale hinsichtlich des gekrümmten Abschnitts der Straße und einer Geometrie des ge-

krümmten Abschnitts der Straße schätzt.

10. Einrichtung nach Anspruch 9, wobei das GPS-Gerät ein Nicht-Differential-GPS-Gerät ist.

11. Fahrzeug, das folgendes umfaßt:
ein GPS-Gerät;
einen Prozessor zum Bestimmen eines gekrümmten Abschnitts einer Straße und
einen Speicher zum Speichern einer digitalen Straßenkarte, wobei der Prozessor einen Fehler in den von dem Fahrzeug empfangenen GPS-Signalen als Funktion einer Differenz bei einer Geometrie der GPS-Signale hinsichtlich des gekrümmten Abschnitts der Straße und einer Geometrie des gekrümmten Abschnitts der Straße schätzt.

12. Verfahren zum Schätzen eines Fehlers in GPS-Signalen, die von einem Fahrzeug verwendet werden, mit dem folgenden Schritt:
Schätzen eines Fehlers in den von dem Fahrzeug empfangenen GPS-Signalen als Funktion eines Fahrzeugkurses an einem GPS-Signalpunkt und eines Straßenkurses an dem GPS-Signalpunkt in einem gekrümmten Abschnitt einer Straße.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Fehler als Funktion eines GPS-Krümmungsradius und eines Straßenkrümmungsradius am GPS-Signalpunkt geschätzt wird.

14. Verfahren zum Schätzen eines Fehlers in GPS-Signalen, die von einem Fahrzeug verwendet werden, mit dem folgenden Schritt:
Schätzen eines Fehlers in den von dem Fahrzeug empfangenen GPS-Signalen als Funktion eines GPS-Krümmungsradius und eines Straßenkrümmungsradius an einem GPS-Signalpunkt in einem gekrümmten Abschnitt einer Straße.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

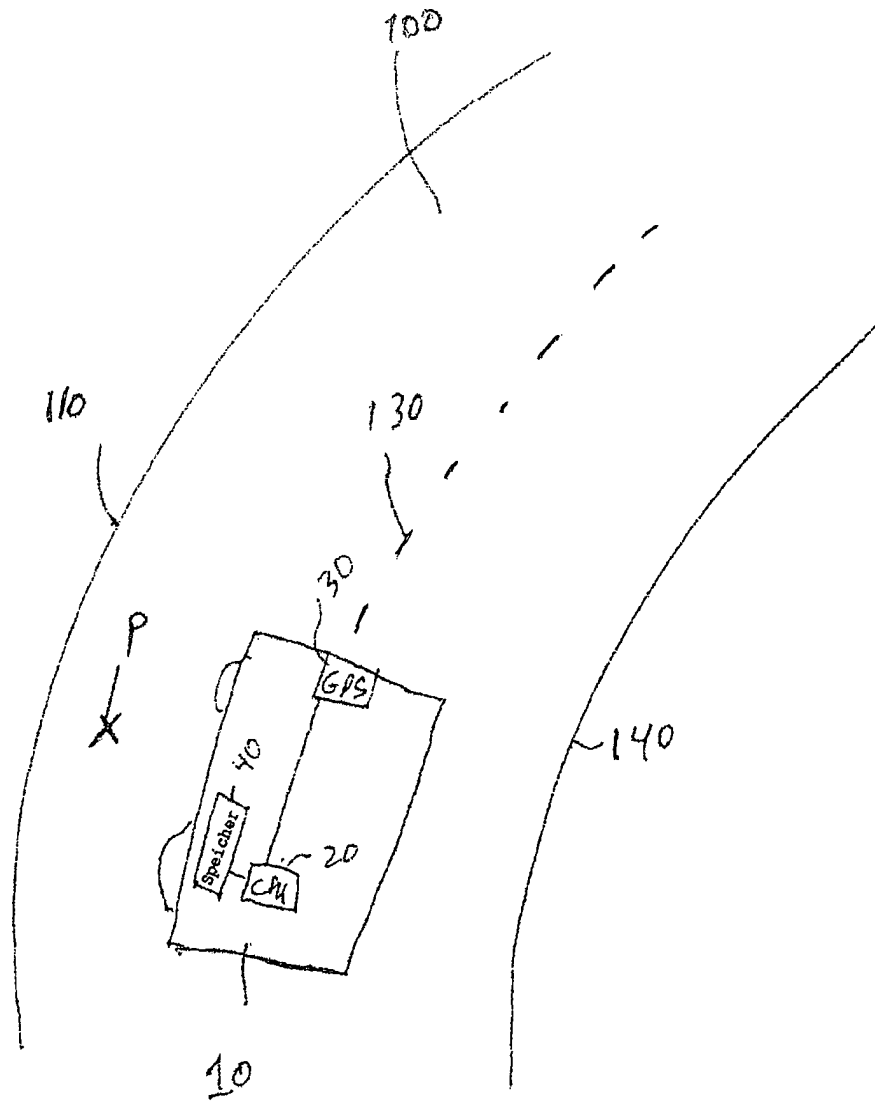


FIG. 1

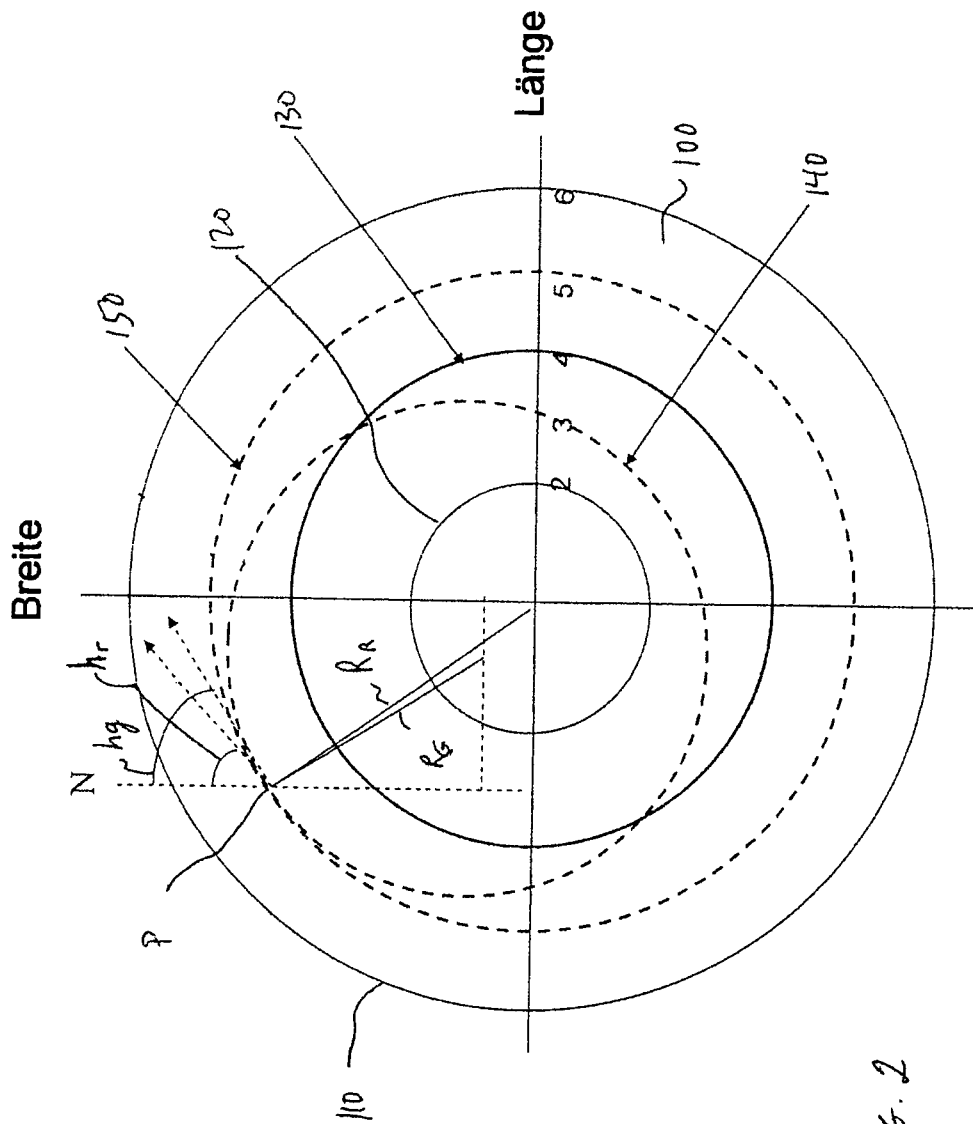


FIG. 2

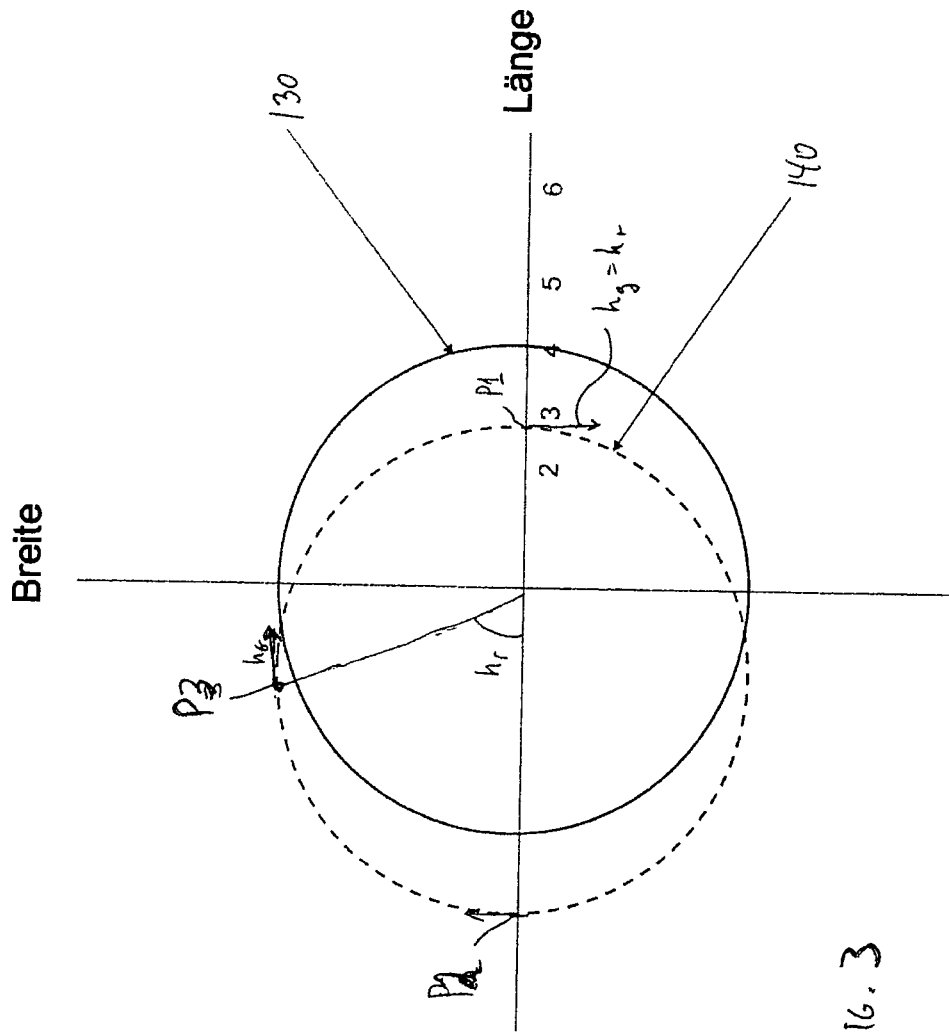


FIG. 3