


 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁴ : G01C 17/38	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 88/ 05155 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 14. Juli 1988 (14.07.88)																								
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE87/00559 (22) Internationales Anmeldedatum: 28. November 1987 (28.11.87) (31) Prioritätsaktenzeichen: P 36 44 682.3 (32) Prioritätsdatum: 30. Dezember 1986 (30.12.86) (33) Prioritätsland: DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 50, D-7000 Stuttgart 1 (DE). (72) Erfinder;und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : EWINGER, Heinz [DE/DE]; Albrecht-Dürer-Straße 46, D-8507 Oberasbach (DE). HELLDÖRFER, Reinhard [DE/DE]; Rosenstraße 9, D-8523 Igelsdorf (DE). KANZLER, Ulrich [DE/DE]; Heuweg 3, D-8504 Stein (DE). RAUCH, Hans [DE/DE]; Distelweg 11, D-8510 Fürth (DE).	(74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH; Postfach 50, D-7000 Stuttgart 1 (DE). (81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), AU, BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US. Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>																									
(54) Title: NAVIGATION PROCESS FOR VEHICLES EQUIPPED WITH AN ELECTRONIC COMPASS (54) Bezeichnung: NAVIGATIONSVERFAHREN FÜR FAHRZEUGE MIT ELEKTRONISCHEM KOMPASS																										
(57) Abstract A process for indicating the direction of travel of a vehicle by determining the locus curve of a magnetic field on a magnetometer fixed to the vehicle. The magnetometer is provided with two probes perpendicular to each other and is connected to an evaluation circuit that cyclically processes as electric measurement values the components of the instantly effective magnetic field measured by the probes. The measurement values (P) are processed to determine the orientation of the Earth's magnetic field, the north or the direction of travel of the vehicle, by processing a plurality of measurement values (P) taken during a first circular journey of the vehicle in order to determine the parameters of the locus curve. By averaging several measurement values (P ₁ , P ₂) cyclically read one after the other among the plurality of measurement values (P) determined during the circular journey of the vehicle, mean values (m ₁) are deduced and temporarily stored in a data cache (12a) of fixed capacity in order to be later used for calculating the parameters of the locus curve.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">0.</th> <th style="width: 25%;">1.</th> <th style="width: 25%;">2.</th> <th style="width: 25%;">3. Mittelung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P₁</td> <td>m₁</td> <td>m₁₊₂</td> <td>AVERAGING</td> </tr> <tr> <td>P₂</td> <td>m₂</td> <td>$\frac{m_1+2}{2}$</td> <td>$\frac{m_1+4}{4}$</td> </tr> <tr> <td>P₃</td> <td>m₂₅</td> <td>$\frac{P_{100}+104}{4}$</td> <td>$\frac{P_x}{4}$</td> </tr> <tr> <td>⋮</td> <td>$\frac{P_{51}+52}{2}$</td> <td>⋮</td> <td>⋮</td> </tr> <tr> <td>P₅₀</td> <td>$\frac{P_{99}+100}{2}$</td> <td>⋮</td> <td>⋮</td> </tr> </tbody> </table>		0.	1.	2.	3. Mittelung	P ₁	m ₁	m ₁₊₂	AVERAGING	P ₂	m ₂	$\frac{m_1+2}{2}$	$\frac{m_1+4}{4}$	P ₃	m ₂₅	$\frac{P_{100}+104}{4}$	$\frac{P_x}{4}$	⋮	$\frac{P_{51}+52}{2}$	⋮	⋮	P ₅₀	$\frac{P_{99}+100}{2}$	⋮	⋮
0.	1.	2.	3. Mittelung																							
P ₁	m ₁	m ₁₊₂	AVERAGING																							
P ₂	m ₂	$\frac{m_1+2}{2}$	$\frac{m_1+4}{4}$																							
P ₃	m ₂₅	$\frac{P_{100}+104}{4}$	$\frac{P_x}{4}$																							
⋮	$\frac{P_{51}+52}{2}$	⋮	⋮																							
P ₅₀	$\frac{P_{99}+100}{2}$	⋮	⋮																							
(57) Zusammenfassung Verfahren zur Ermittlung der Ortskurve eines Magnetfeldes an einem in einem Fahrzeug fest angeordneten Magnetometer, mit dem bei Navigationsfahrten mit dem Fahrzeug eine Richtungsanzeige erfolgen soll. Das Magnetometer ist mit zwei um 90° zueinander verdrehte Sonden versehen und mit einer Auswerteschaltung verbunden, welche die von den Sonden gemessenen Komponenten des dort wirksamen Magnetfeldes als elektrische Meßwerte zyklisch erfaßt. Die Meßwerte (P) werden zur Ermittlung der Richtung des Erdfeldes, der Nordrichtung bzw. der Fahrrichtung des Fahrzeugs verarbeitet, indem bei einer ersten Kreisfahrt des Fahrzeugs eine Vielzahl von Meßwerten (P) zur Ermittlung der Parameter der Ortskurve verarbeitet werden. Erfindungsgemäß werden dabei aus der Vielzahl der während der Kreisfahrt erfaßten Meßwerte (P) durch eine Mittelung jeweils mehrerer nacheinander zyklisch eingelesener Meßwerte (P ₁ , P ₂) Mittelwerte (m ₁) gebildet, die in einem Datenpuffer (12a) mit fester Länge zur nachfolgenden Berechnung der Ortskurvenparameter zwischengespeichert werden.																										

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
AU	Australien	GA	Gabun	MW	Malawi
BB	Barbados	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BE	Belgien	HU	Ungarn	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	IT	Italien	RO	Rumänien
BJ	Benin	JP	Japan	SD	Sudan
BR	Brasilien	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SN	Senegal
CG	Kongo	LI	Liechtenstein	SU	Sowjet Union
CH	Schweiz	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CM	Kamerun	LU	Luxemburg	TG	Togo
DE	Deutschland, Bundesrepublik	MC	Monaco	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		
FI	Finnland	ML	Mali		

- 1 -

Navigationsverfahren für Fahrzeuge mit
elektronischem Kompaß

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Ermittlung der Ortskurve eines Magnetfeldes an einem in einem Fahrzeug fest angeordneten Magnetometer nach der Gattung des Hauptanspruchs. Ein solches Verfahren ist aus der DE-OS 35 09 548 bekannt.

Bei der Messung des Erdfeldvektors in einem Fahrzeug zu Navigationszwecken ergibt sich bei einer vollständigen Drehung des Fahrzeugs aufgrund der im Fahrzeug vorhandenen Störfelder keine kreisrunde Ortskurve um den Koordinatenursprung des Meßsystems sondern eine elliptische Ortskurve, die aufgrund eines hartmagnetischen Anteiles der Störfelder im Fahrzeug richtungsunabhängig um einen festen Störfeldvektor aus dem Koordinatenursprung des Meßsystems verschoben ist und die außerdem durch den weichmagnetischen Anteil der Störfelder im Fahrzeug richtungsabhängig die Ellipsenform sowie eine bestimmte Drehung der Ellipse im Koordinatensystem bewirkt. Bei dem bekannten Kalibrierverfahren nach der DE-OS 35 09 548 werden zur Berechnung der Parameter für die elliptische Ortskurve des Magnetfeldes am Magnetometer relativ wenige Meßpunkte bei einer Kreisfahrt oder vollständigen Drehung des Fahrzeugs verwertet. Dadurch

...

- 2 -

ergibt sich jedoch, daß die Erfassung der Störfelder im Fahrzeug durch dieses Kalibrierverfahren nur relativ grob und daher oftmals zu ungenau ist.

Mit der vorliegenden Lösung wird angestrebt, mit einer Kreisfahrt oder Drehung des Fahrzeugs beim Kalibrieren eines elektronischen Kompasses die Ortskurve des am Magnetometer bzw. eines Magnetfeldmessers wirksamen Magnetfeldes mit erhöhter Genauigkeit zu ermitteln, um so bei der anschließenden Navigation die Richtungsbestimmung auf der Anzeige des elektronischen Kompasses zu verbessern.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat den Vorteil, daß durch die Mittelung mehrerer nacheinander erfaßter Meßwerte Meßwerttoleranzen bei der Ermittlung der elliptischen Ortskurve berücksichtigt und ausgeglichen werden, so daß die so erhaltenen Mittelwerte wesentlich präziser die Berechnung der elliptischen Ortskurve und deren Parameter ermöglichen. Als weiterer Vorteil ist anzusehen, daß sich mit diesem Verfahren bereits nach der Eichfahrt eine erheblich genauere Richtungsanzeige des elektronischen Kompasses realisieren läßt.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Hauptanspruch angegebenen Merkmale möglich. Dabei ist es zur weiteren Erhöhung der Anzeigegenauigkeit vorteilhaft, aus den gefundenen Mittelwerten der elliptischen Ortskurve zunächst einen ersten Mittelpunkt der Ortskurve und seine Verschiebung aus dem Koordinatenursprung zu ermitteln und danach die Ortskurve in eine bestimmte Anzahl von gleich großen Winkelsegmenten aufzugliedern. Die im Datenpuffer gespeicherten Mittelwerte werden dann diesen Winkelsegmenten zugeordnet und sodann kann aus allen Mittelwerten eines jeden Winkelsegmentes

...

ein sogenannter Echtwert der Ortskurve gebildet und zwischengespeichert werden. Nun läßt sich aus den so gewonnenen Echtwerten der Ortskurve ein weiterer Mittelpunkt ermitteln und mit diesem die Ortskurve erneut in gleich große Winkelsegmente aufgliedern. Aus den ihnen zugeordneten Mittelwerten im Datenpuffer können nun neue Echtwerte der Ortskurve gebildet und zwischengespeichert werden. In vorteilhafter Weise wird dabei die Ermittlung eines weiteren Mittelpunktes und neuer Echtwerte der Ortskurve so lange wiederholt, bis der Mittelpunkt bei zwei aufeinanderfolgenden Berechnungsdurchläufen gleich geblieben ist.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 ein Navigationssystem für ein Kraftfahrzeug im Blockschaltbild, Figur 2 die schematische Darstellung eines Datenpuffers zur Bildung der Mittelwerte, Figur 3, die Einteilung der elliptischen Ortskurve in Winkelsegmente und Figur 4 die elliptische Ortskurve zur Berechnung ihrer Parameter.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Figur 1 ist ein Koppelnavigationssystem für Kraftfahrzeuge dargestellt, mit dem der Fahrer durch Angabe von Zielrichtung und Luftlinienentfernung in einer fremden Umgebung das gewünschte Ziel finden kann (Zielfindungssystem). Es besteht aus einer Ein- und Ausgabeeinheit 10, einem Mikroprozessor 11 mit einem Datenspeicher 12 sowie aus einem Weggeber 13 und einem Fahrrichtungsgeber 14. Der Mikroprozessor 11 ist üblicherweise zusammen mit dem Datenspeicher 12 in der Ein- und Ausgabeeinheit 10 mit enthalten. Als Weggeber 13 können Impulsgeber eines Tachogenerators oder entsprechende Geber an

...

- 4 -

den Fahrzeugrädern verwendet werden, die gegebenenfalls bereits im Fahrzeug vorhanden sind. Als Fahrrihtungsgeber ist ein Magnetometer bzw. ein Magnetfeldmesser zu verwenden. Der Mikroprozessor mit seiner Peripherie und dem Datenspeicher 12 ist sowohl mit dem Weggeber 13, dem Magnetometer 14 als auch mit den Bedientasten und einer Flüssigkristallanzeige 15 der Einheit 10 verbunden.

Die Bedienung des Navigationssystems erfolgt mit fünf Bedientasten. Mit einer Wippentaste 16 können Zahlenwerte in Richtung größer und kleiner auf der LCD 15 verändert werden. Mit der Betätigung einer Quittiertaste 17 wird jeweils der auf der LCD 15 angezeigte aktuelle Zahlenwert abgespeichert, der im unteren Bereich der LCD 15 auf der Anzeige 18 erscheint. Mit einer Funktionswahltaste 19 erfolgt die Umschaltung des Navigationssystems innerhalb eines angebotenen Menüs, gemäß einer Beschriftung 25 auf dem linken Randbereich der Einheit 10, wobei die jeweils auf der LCD 15 angezeigten Informationen durch einen Pfeil 20 der LCD 15 in Höhe der Beschriftung 25 kenntlich gemacht werden. Ein weiterer Tastschalter 21 dient zum Ein- und Ausschalten des Koppelnavigationssystems. Eine weitere Anzeige 22 im oberen LCD-Bereich dient zur Kennzeichnung von Zielvorgaben. Eine Rosette 23 der LCD 15 mit sechszehn verschiedenen unsichtbaren Pfeilsegmenten dient zur Richtungsinformation, wobei der angesteuerte Richtungspfeil 24 entweder die Nordrichtung, die Fahrrihtung oder die Richtung des anzufahrenden Zieles darstellt.

Das Navigationssystem ist so konzipiert, daß es in jedes Kraftfahrzeug eingebaut werden kann. Zur Kalibrierung des Navigationssystems ist es erforderlich, zur Ermittlung der Größe, Form und Lage der elliptischen Ortskurve mit dem Fahrzeug zunächst eine Kreisfahrt durchzuführen. Bei den nachfolgenden Navigationsfahrten können dann aufgrund der ermittelten und gespeicherten Ortskurve die vom Magnetometer 14 an den Mikroprozessor 11 übermittelten Meßwerte jeweils einem Punkt auf der Ortskurve zugeordnet und daraus die Nordrichtung bzw. die Fahrrihtung des Fahrzeugs berechnet und angezeigt werden.

...

- 5 -

In Figur 2 ist ein Datenpuffer 12a mit einer festen Speicherlänge dargestellt, der einen Teil des Datenspeichers 12 aus Figur 1 bildet. Im Datenpuffer 12a werden bei der Kalibrierung des Navigationssystems aus der Vielzahl der während der Kreisfahrt vom Magnetometer 14 abgegebenen und von der Auswerteschaltung erfaßten Meßwerte durch eine Mittelung jeweils mehrerer Meßwerte, die zyklisch und nacheinander eingelesen werden, Mittelwerte gebildet, die in den Datenpuffer 12a zwischengespeichert werden. Da der Datenpuffer 12a eine feste Länge hat, können in ihm nur eine bestimmte Zahl von Mittelwerten zwischengespeichert werden. Die während der Kreisfahrt des Fahrzeugs erfaßte Anzahl der Meßwerte des Magnetometers ist nicht vorgegeben, da die Meßwerte in einer festen Zykluszeit von etwa 100 ms anfallen und somit die Gesamtzahl der erfaßten Meßwerte von der Fahrgeschwindigkeit bzw. Drehgeschwindigkeit des Fahrzeugs während der Kreisfahrt bzw. der vollen Drehung des Fahrzeugs abhängt. Die Anzeige der für eine Mittelung verwendeten Meßwerte wird daher von der Auswerteschaltung aus dem Verhältnis der Gesamtzahl aller während der Kreisfahrt erfaßten Meßwerte und der Anzahl der Speicherplätze im Datenpuffer 12a ermittelt. Zu diesem Zweck werden mehrfach nacheinander oder zuvor gebildete Mittelwerte in den Datenpuffer 12a eingelesen, diese danach paarweise gemittelt und die neuen Mittelwerte dann anstelle der bisherigen Werte im Datenpuffer 12a zwischengespeichert.

In vorteilhafter Weise ist dabei gemäß der schematischen Darstellung nach Figur 2 vorzugehen. Dort sind in mehreren Durchgängen Mittelungen immer dann durchzuführen, wenn der Datenpuffer 12a während der Eichfahrt zuvor gefüllt ist. Dabei wird mit Beginn der Eichfahrt ein erster Teil der erfaßten Meßwerte P1 bis P50 in den Datenpuffer 12a eingelesen und zwischengespeichert, bis dieser voll geladen ist. Dies ist aus der linken Spalte der schematischen Darstellung in Figur 2 erkennbar. Es folgt nun die erste Mittelung, in dem von den gespeicherten Meßwerten aus jeweils zwei aufeinanderfolgenden Meß-

...

- 6 -

werten z. B. P_1 , P_2 ein Mittelwert m_1 gebildet wird. Die so gewonnenen Mittelwerte m_1 bis m_{25} werden nun anstelle der bisherigen Meßwerte P_1 bis P_{50} im Datenpuffer 12a zwischengespeichert, der nun nur noch halb voll ist. Nunmehr werden weitere nacheinander erfaßte Meßwerte vor dem Datenpuffer 12a zunächst paarweise gemittelt und dann diese Mittelwerte, z.B. $P_{51/2} + P_{52/2}$ in den Datenpuffer 12a eingegeben, bis dieser wieder aufgefüllt ist. Diese erste Mittelung ist in Spalte 2 der schematischen Darstellung in Figur 2 erkennbar. Sodann werden durch eine zweite Mittelung erneut aus zwei aufeinanderfolgenden Werten im Datenpuffer 12a weitere Mittelwerte gebildet und diese dann anstelle der bisherigen Mittelwerte im Datenpuffer 12a gespeichert. Sie ergeben sich beispielsweise aus $m_1/2 + m_2/2$. Der Datenpuffer 12a ist nun erneut nur halb gefüllt und er wird erneut mit Mittelwerten aus einer entsprechenden Anzahl von weiteren Meßwerten $P_{100/4}$ bis $P_{104/4}$ usw. wieder aufgefüllt. Ist die Kreisfahrt jetzt noch nicht beendet, wird mit einer dritten Mittelung erneut aus zwei aufeinanderfolgenden Mittelwerten ein neuer Mittelwert gebildet. Er entspricht dem Mittelwert aus den ersten acht Meßwerten $P_1 \dots P_8$ bzw. aus den ersten vier Mittelwerten $m_1 \dots m_4$. Der dann nur noch halb gefüllte Datenpuffer 12a wird anschließend erneut mit weiteren Mittelwerten aus einer entsprechenden Anzahl von weiteren Meßwerten wieder aufgefüllt. Diese Mittelung und Auffüllung des Datenpuffers 12a wird so lange fortgesetzt, bis am Ende der ersten Kreisfahrt des Fahrzeugs alle erfaßten Meßwerte P mit gleicher Mittelung im Datenpuffer 12a als endgültige Mittelwerte m zwischengespeichert sind. Diese Mittelwerte bilden nun Punkte für die elliptische Ortskurve des am Magnetometer 14 wirksamen Magnetfeldes. Aus diesen Mittelwerten im Datenpuffer 12a werden nun in der Auswerteschaltung als Parameter die große und die kleine Halbachse, die Drehung sowie die Verschiebung der elliptischen Ortskurve gegenüber dem Koordinatenursprung ermittelt.

...

- 7 -

Mit Hilfe von Figur 3 und Figur 4 wird erläutert, auf welche Weise die Parameter für die elliptische Ortskurve zur Erhöhung der Meßgenauigkeit des Navigationssystems am Ende der Kreisfahrt mehrfach überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden. In einem ersten Schritt werden gemäß der DE-OS 35 09 548 aus den im Datenpuffer 12a abgelegten Mittelwerten m die Maximalwerte und Minimalwerte auf der X- und Y-Achse des Koordinatensystems erfaßt und daraus ein erster Mittelpunkt M der Ortskurve O berechnet. Seine Verschiebung aus dem Koordinatenursprung bildet den hartmagnetischen, richtungsunabhängigen Störfeldfaktor $\vec{H}_H$. Nach dieser vorläufigen Bestimmung des Mittelpunktes M wird nun die elliptische Ortskurve O in eine bestimmte Anzahl von beispielsweise 24 gleich großen Winkelsegmenten w mit dem Segmentwinkel μ aufgegliedert. Die im Datenpuffer 12a gespeicherten Mittelwerte m werden nun diesen Winkelsegmenten w zugeordnet. Aus mehreren Mittelwerten m für ein jedes Winkelsegment w wird nun durch eine weitere Mittelung dieser Werte ein sogenannter Echtwert e der elliptischen Ortskurve O gebildet und dieser im Datenspeicher 12 zwischengespeichert. Aus den so für jedes Winkelsegment w gewonnenen Echtwerten e der Ortskurve O wird nunmehr in einem weiteren Verfahrensabschnitt ein neuer Mittelpunkt M_o ermittelt. Danach wird die Ortskurve O erneut in die Winkelsegmente w aufgegliedert und aus den ihnen zugeordneten Mittelwerten m im Datenpuffer 12a werden neue Echtwerte e der Ortskurve O gebildet und zwischengespeichert. Die Ermittlung eines weiteren Mittelpunktes und neuer Echtwerte der Ortskurve wird nun durch die Auswerteschaltung so lange wiederholt, bis der Mittelpunkt M_o bei zwei aufeinanderfolgenden Berechnungsdurchläufen sich nicht mehr verschoben wird. Dabei können je nach Lage der Winkelsegmente w einzelne Mittelwerte m im Datenspeicher 12a bei den aufeinanderfolgenden Berechnungsdurchläufen zunächst zu einem Winkelsegment und danach zu einem anderen, benachbarten Winkelsegment gezählt werden. Wesentlich für die Erhöhung der Meßgenauigkeit ist jedoch, daß die gefundenen Echtwerte e nunmehr in gleichmäßigen Winkelabständen die Ortskurve O darstellen.

...

Zur Berechnung der großen und kleinen Halbachsen sowie der Drehung φ der elliptischen Ortskurve 0 gegenüber dem Koordinatenursprung werden zunächst vier um je 90° gegeneinander versetzte Punkte Pa, Pb, Pc und Pd auf der Ortskurve 0 aufgesucht. Dabei wird der erste Punkt Pa von der Auswerteschaltung beliebig gewählt. Nun werden jeweils die Halbachsen a1, a2, b1 und b2 dieser Punkte zum Mittelpunkt errechnet. Anschließend wird aus den Halbachsen dieser Punkte paarweise ein Differenzwert ermittelt ($a1 - a2$, $b1 - b2$) und dieser Differenzwert wird im Datenspeicher 12 zwischengespeichert. In einem weiteren Schritt werden nun weitere vier, um je 90° zueinander versetzte Punkte der Ortskurve 0 ermittelt, und auch hier in gleicher Weise der Differenzwert ihrer Halbachsen berechnet und mit dem gespeicherten Differenzwert verglichen. Diese Verfahrensschritte werden nun von der Auswerteschaltung weitergeführt und die Differenzwerte werden solange miteinander verglichen, bis ein minimaler Differenzwert vorliegt. Dieser ergibt sich bei den vier Punkten E1, E2, E3 und E4, die der großen und der kleinen Halbachse der elliptischen Ortskurve 0 zugeordnet ist. Dabei ist es zweckmäßig, die Differenzwerte der großen und kleinen Halbachsen von jeweils vier Punkten der Ortskurve nicht einfach zu einem gesamten Differenzwert zu addieren, sondern jeweils diesen Differenzwert D von vier Punkten auf der Ortskurve nach dem folgenden Algorithmus zu bilden:

$$D = x1 \cdot \frac{|b1 + b2|}{|a1 + a2|} + x2 \cdot \frac{|a1 - a2|}{|a1 + a2|} + x2 \cdot \frac{|b1 - b2|}{|b1 + b2|}$$

Dabei sind mit x1 und x2 Wichtungsfaktoren von < 1 gewählt. Die Werte a1, a2, b1, b2 bilden die Halbachsen der jeweils um 90° zueinander versetzten vier Punkte zum Mittelpunkt Mo der Ortskurve 0.

Da der Mittelpunkt M, Mo der Ortskurve 0 nur sehr ungenau über die maximalen und minimalen X- und Y-Meßwerte berechnet wird, kann die Kalibrierungsphase zur Bestimmung des Ellipsenmittelpunktes dadurch abgekürzt werden, daß dies zunächst durch eine Mittelung sämtlicher

- 9 -

im Datenpuffer 12a stehender Mittelwerte erfolgt und bei den weiteren Berechnungsdurchläufen jeweils durch Mittelung der zuvor gefundenen Echtwerte e bestimmt wird. Ebenso ist es möglich, alle erfaßten X- und Y-Meßwerte während der Kreisfahrt aufzusummieren, die Summe durch die Anzahl der Meßwertee zu teilen und so einen ersten X- und Y-Wert für den Mittelpunkt M der Ortskurve 0 zu bilden.

Nach dem Auffinden der Punkte E1, E2, E3 und E4 mit dem kleinsten Differenzwert D wird nun die kleine und große Halbachse a und b der Ellipse 0 und ihre Drehung φ im Koordinatensystem nach folgenden Gleichungen in bekannter Weise von der Auswerteschaltung ermittelt:

$$a = \frac{|a_1 + a_2|}{2} ; b = \frac{|b_1 + b_2|}{2}$$

$$\varphi = 1/4 [\varphi(E1) + \varphi(E2) - 90^\circ + \varphi(E3) - 180^\circ + \varphi(E4) - 270^\circ]$$

Auch diese errechneten Parameterwerte der Ortskurve 0 werden im Datenspeicher 12 abgelegt. Sie können ggf. bei späteren Navigationsverfahren mit bekannten Verfahren korrigiert werden.

Ansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung der Ortskurve eines Magnetfeldes an einem in einem Fahrzeug fest angeordneten Magnetometer mit mindestens zwei mit ihren Längsachsen um 90° gegeneinander verdrehten Sonden und mit einer Auswerteschaltung, welche die von den Sonden gemessenen Komponenten des dort wirksamen Magnetfeldes als elektrische Meßwerte zyklisch erfaßt und zur Ermittlung der Richtung des Erdmagnetfeldes, der Nordrichtung bzw. der Fahrrichtung des Fahrzeuges verarbeitet, indem bei einer ersten Kreisfahrt des Fahrzeuges eine Vielzahl von Meßwerten des am Magnetometer wirksamen Magnetfeldvektors erfaßt und zur Ermittlung der Parameter der Ortskurve des Magnetfeldes verarbeitet werden, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Vielzahl der während der Kreisfahrt der erfaßten Meßwerte ($P_1 \dots P_X$) durch eine Mittelung jeweils mehrerer nacheinander zyklisch eingelesener Meßwerte (P) Mittelwerte (m) gebildet werden, die in einem Datenpuffer (12a) mit fester Länge zur Berechnung der Ortskurvenparameter zwischengespeichert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der für eine endgültige Mittelung verwendeten Meßwerte (P) aus dem Verhältnis der Gesamtzahl aller während der Kreisfahrt erfaßten Meßwerte (p) und der Anzahl der Speicherplätze im Datenpuffer (12a) ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mehrfach nacheinander Meßwerte (P) oder zuvor gebildete Mittelwerte (m) in den Datenpuffer (12a) eingelesen, diese danach paarweise ge-

...

- 11 -

mittelt und die neuen Mittelwerte (m) dann anstelle der bisherigen Werte im Datenpuffer (12a) zwischengespeichert werden.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- a) daß ein erster Teil der während der Kreisfahrt erfaßten Meßwerte in den Datenpuffer (12a) mit fester Länge zwischengespeichert werden, bis dieser voll geladen ist,
- b) daß damit aus je zwei aufeinanderfolgenden Meßwerten (P1, P2) ein Mittelwert (m1) gebildet und diese Mittelwerte (m) anstelle der Meßwerte (P) im Datenpuffer (12a) zwischengespeichert werden, der dann nur noch halb gefüllt ist,
- c) daß weitere Meßwerte (P51, P52) über die gleiche Anzahl zunächst gemittelt und dann diese Mittelwerte nacheinander in den Datenpuffer (12a) eingegeben werden, bis dieser wieder voll ist,
- d) daß sodann erneut aus zwei aufeinanderfolgenden Werten (m) im Datenpuffer (12a) weitere Mittelwerte (m) gebildet und diese dann anstelle der bisherigen Mittelwerte im Datenpuffer (12a) gespeichert werden,
- e) daß der Datenpuffer (12a) erneut mit Mittelwerten aus einer entsprechenden Anzahl von weiteren Meßwerten (P) wieder aufgefüllt wird,
- f) daß die Mittelung und Auffüllung so lange fortgesetzt wird, bis am Ende der ersten Kreisfahrt des Fahrzeugs alle erfaßten Meßwerte (P) mit gleicher Mittelung im Datenpuffer (12a) als endgültige Mittelwerte (m) zwischengespeichert sind, welche Punkte auf der elliptischen Ortskurve (O) des am Magnetometer (14) wirkenden Magnetfeldes darstellen und
- g) daß in der Auswerteschaltung aus den Mittelwerten (m) des Datenpuffers (12a) als Parameter die große und kleine Halbachse (a, b), die Drehung (φ) sowie die Verschiebung der elliptischen Ortskurve (O) gegenüber dem Koordinatenursprung ($\vec{H}_H$) ermittelt werden.

...

- 12 -

5. Verfahren, vorzugsweise nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Mittelwerten (m) ein erster Mittelpunkt (M) der Ortskurve (O) und seine Verschiebung ($\overrightarrow{H_H}$) aus dem Koordinatenursprung ermittelt wird, daß danach die Ortskurve (O) in eine bestimmte Anzahl von gleich großen Winkelsegmenten (w) aufgegliedert und die im Datenpuffer (12a) gespeicherten Mittelwerte (m) den Winkelsegmenten (w) zugeordnet werden und daß sodann aus den Mittelwerten (m) eines jeden Winkelsegmentes (w) ein Echtwert (e) der Ortskurve (O) gebildet und zwischengespeichert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Echtwerten (e) der Ortskurve (O) ein weiterer Mittelpunkt (Mo) ermittelt, danach erneut die Ortskurve (O) in ihre Winkelsegmente (w) aufgegliedert und aus den ihnen zugeordneten Mittelwerten (m) im Datenpuffer (12a) neue Echtwerte (e) der Ortskurve (O) gebildet und zwischengespeichert werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlung eines weiteren Mittelpunktes (Mo) und neuer Echtwerte (e) der Ortskurve (O) so lange wiederholt wird, bis der Mittelpunkt (Mo) bei zwei aufeinanderfolgenden Berechnungsdurchläufen sich nicht mehr verschiebt.

8. Verfahren vorzugsweise nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Mittelpunkt (M) der Ortskurve (O) und seine Verschiebung ($\overrightarrow{H_H}$) aus dem Koordinatenursprung jeweils durch eine Mittelung der Meßwerte (P), der zwischengespeicherten Mittelwerte (m) oder der Echtwerte (e) ermittelt wird.

9. Verfahren vorzugsweise nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das zur Errechnung der großen und der

...

kleinen Halbachsen (a, b) sowie der Winkeldrehung (φ) der elliptischen Ortskurve (O) gegenüber dem Koordinatenursprung vier um je 90° gegeneinander versetzte Punkte (P1, P2, P3, P4) auf der Ortskurve (O) aufgesucht, die Halbachsen (a1, a2, b1, b2) dieser Punkte zum Mittelpunkt (M) errechnet, aus den Halbachsen dieser Punkte ein Differenzwert (D) ermittelt und dieser Differenzwert so lange mit einem Differenzwert von Halbachsen weiterer vier um je 90° zueinander versetzter Punkte der Ortskurve (O) verglichen wird, bis ein minimaler Differenzwert (D) vorliegt, der den vier Punkten (E1, E2, E3, E4) auf der großen und kleinen Halbachse (a, b) der elliptischen Ortskurve (O) zugeordnet ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils der Differenzwert (P) der vier Punkte (P1 bis P4) der Ortskurve (O) nach einem Algorithmus

$$D = x1 \cdot \frac{|b1 + b2|}{|a1 + a2|} + x2 \cdot \frac{|a1 - a2|}{|a1 + a2|} + x2 \cdot \frac{|b1 - b2|}{|b1 + b2|}$$

gebildet wird, wobei x1 und x2 Wichtungsfaktoren sind und a1, a2, b1, b2 die Halbachsen der vier Punkte zum Mittelpunkt (M) der Ortskurve (O) darstellen.

hs

Fig. 1

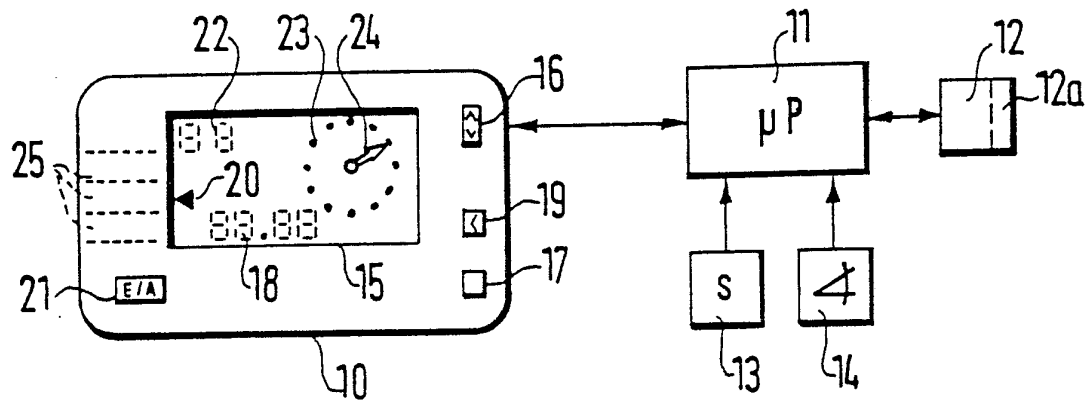


Fig. 2

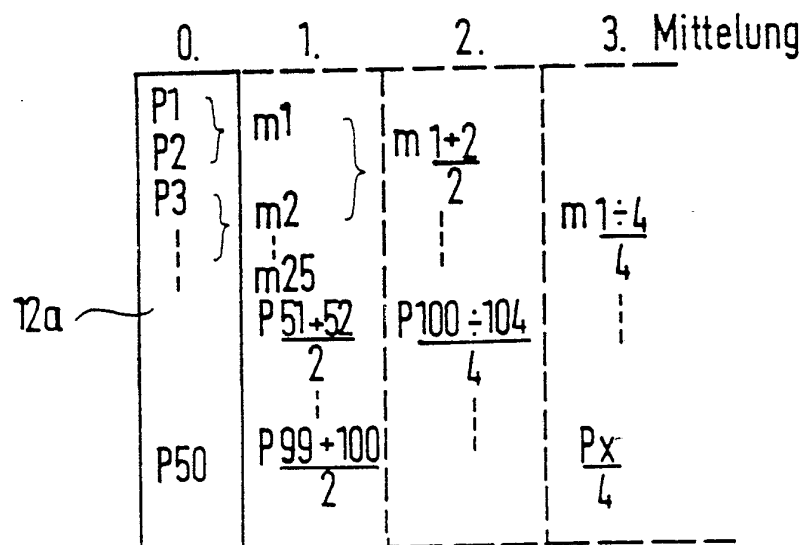


Fig. 3

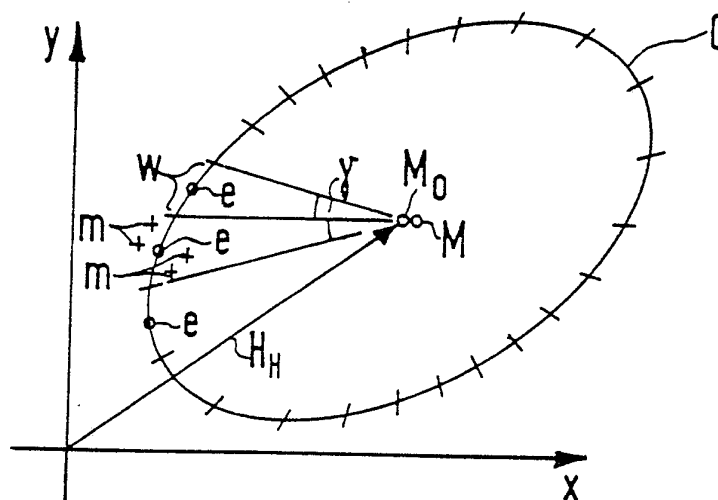
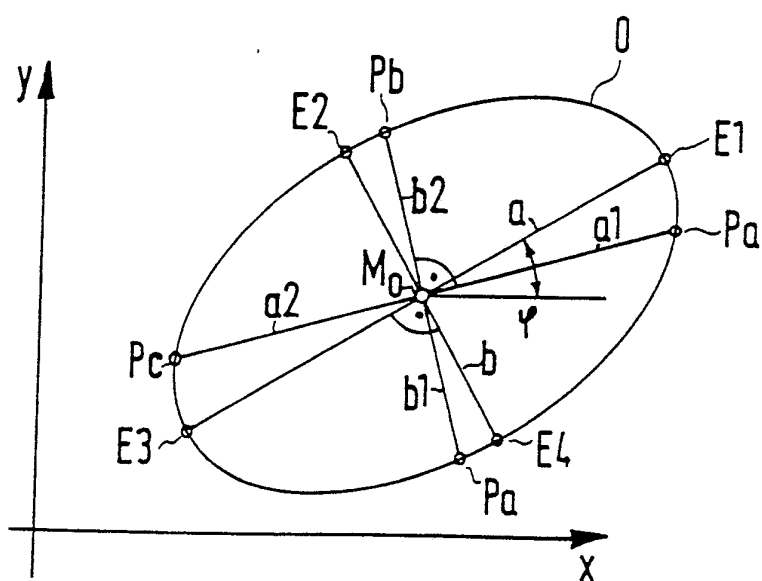


Fig. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/DE 87/00559

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶ According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC Int.Cl. ⁴ : G 01 C 17/38								
II. FIELDS SEARCHED Minimum Documentation Searched ⁷ <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; border-bottom: 1px solid black; padding: 5px;">Classification System</td> <td style="border-bottom: 1px solid black; padding: 5px;">Classification Symbols</td> </tr> <tr> <td style="padding: 10px 5px 5px 5px;">Int.Cl.⁴</td> <td style="padding: 10px 5px 5px 5px;">G 01 C</td> </tr> </table> Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸			Classification System	Classification Symbols	Int.Cl. ⁴	G 01 C		
Classification System	Classification Symbols							
Int.Cl. ⁴	G 01 C							
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹ <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%; border-bottom: 1px solid black; padding: 5px;">Category *</th> <th style="width: 70%; border-bottom: 1px solid black; padding: 5px;">Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²</th> <th style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black; padding: 5px;">Relevant to Claim No. ¹³</th> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; vertical-align: top; padding: 10px;">A</td> <td style="border: 1px solid black; vertical-align: top; padding: 10px;"> DE, A, 3509548 (ROBERT BOSCH BmbH) 18 September 1986 see abstract cited in the application ----- </td> <td style="border: 1px solid black; vertical-align: top; padding: 10px; text-align: center;">1</td> </tr> </table>			Category *	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³	A	DE, A, 3509548 (ROBERT BOSCH BmbH) 18 September 1986 see abstract cited in the application -----	1
Category *	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³						
A	DE, A, 3509548 (ROBERT BOSCH BmbH) 18 September 1986 see abstract cited in the application -----	1						
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> * Special categories of cited documents: ¹⁰ "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; padding: 5px;"> "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family </td> </tr> </table>			* Special categories of cited documents: ¹⁰ "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family				
* Special categories of cited documents: ¹⁰ "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family							
IV. CERTIFICATION <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border-bottom: 1px solid black; padding: 5px;">Date of the Actual Completion of the International Search 04 March 1988 (04.03.88)</td> <td style="width: 50%; border-bottom: 1px solid black; padding: 5px;">Date of Mailing of this International Search Report 08 April 1988 (08.04.88)</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black; padding: 5px;">International Searching Authority EUROPEAN PATENT OFFICE</td> <td style="border-bottom: 1px solid black; padding: 5px;">Signature of Authorized Officer</td> </tr> </table>			Date of the Actual Completion of the International Search 04 March 1988 (04.03.88)	Date of Mailing of this International Search Report 08 April 1988 (08.04.88)	International Searching Authority EUROPEAN PATENT OFFICE	Signature of Authorized Officer		
Date of the Actual Completion of the International Search 04 March 1988 (04.03.88)	Date of Mailing of this International Search Report 08 April 1988 (08.04.88)							
International Searching Authority EUROPEAN PATENT OFFICE	Signature of Authorized Officer							

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

DE 8700559

SA 19548

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 17/03/88. The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-A- 3509548	18-09-86	WO-A- 8605584	25-09-86
		JP-T- 62502215	27-08-87
		EP-A- 0254712	03-02-88

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen **PCT/DE 87/00559**

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC Int. Cl. 4 G 01 C 17/38		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int. Cl. 4	G 01 C	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
A	DE, A, 3509548 (ROBERT BOSCH GmbH) 18. September 1986 siehe Zusammenfassung in der Anmeldung erwähnt -----	1
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰: "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
4. März 1988		08 APR 1988
Internationale Recherchenbehörde		Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten
Europäisches Patentamt		 P.C.G. VAN DER PUTTEN

SA 19548

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 17/03/88
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

WFO FORN 10473