

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
6. März 2003 (06.03.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/019117 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01D 5/347**,
B62D 5/00

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **STEINLECHNER, Siegbert** [DE/DE]; In Den Ziegelwiesen, 71229 Leonberg (DE). **WENZLER, Axel** [DE/DE]; Bogenstrasse 9f, 70569 Stuttgart (DE). **MARX, Klaus** [DE/DE]; Holderbuschweg 10A, 70565 Stuttgart (DE). **JOST, Franz** [DE/DE]; Schoenbuchstrasse 30B, 70565 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/02238

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Juni 2002 (19.06.2002)

(81) Bestimmungsstaaten (national): AU, CZ, JP, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

Veröffentlicht:

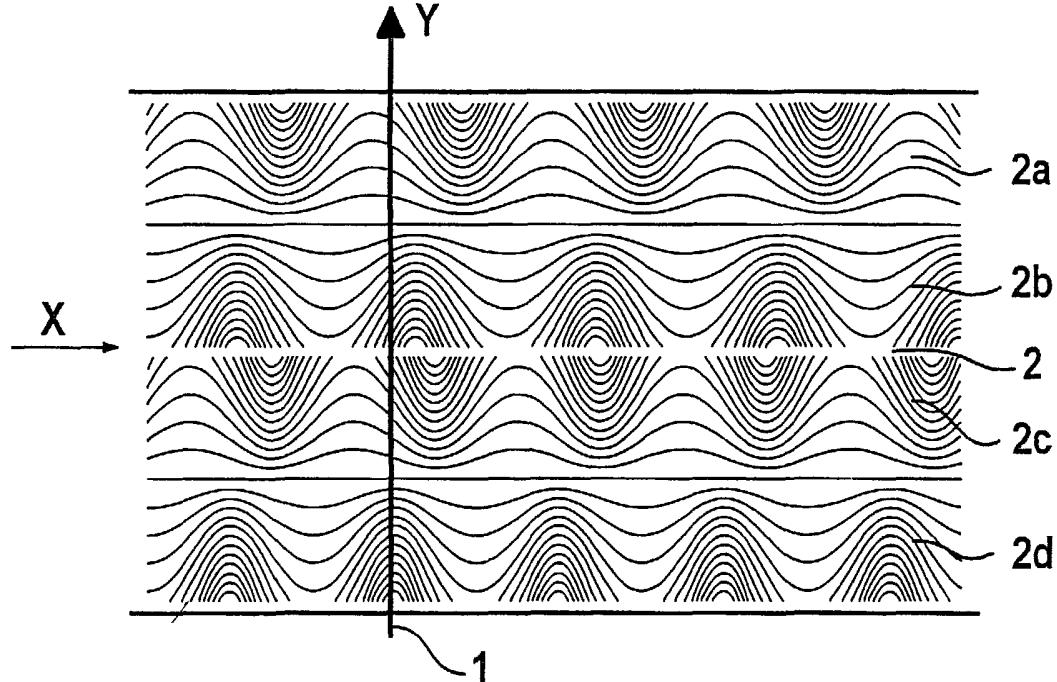
— mit internationalem Recherchenbericht

(30) Angaben zur Priorität:
101 40 616.9 18. August 2001 (18.08.2001) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CODE (RING) WITH TWO PAIRS OF PERIODIC LINE PATTERNS

(54) Bezeichnung: CODE (RING) MIT ZWEI PAAREN PERIODISCHER LINIENMUSTER



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining, for example, optical angles, a torque or a distance, using a first pair of periodic line patterns (2a, b) with n periods and a second pair (2c, d) with n+1 periods. The inventive method is used in electronic power steering (EPS) and allows determination of both angle and torque in a simple manner.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/019117 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Beispielsweise optische Winkel, Drehmoment oder Streckenerfassung mit einem ersten Paar periodischer Linienmuster (2a, b) mit n Perioden und einem zweiten Paar (2c, d) mit n plus 1 Perioden. Für EPS - electronic power steering - um in einfacher Weise den Winkel sowie auch das Drehmoment bestimmen zu können.

- 1 -

5

CODE (RING) MIT ZWEI PAAREN PERIODISCHER LINIENMUSTER

10

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur optischen Messdatenerfassung, insbesondere zur optischen Winkel-, Drehmoment- oder Streckenerfassung.

15

Stand der Technik

Es sind verschiedene optische Verfahren zur Winkelmessung beschrieben worden, wobei es sich in der Regel um digitale 20 Verfahren handelt, die im Hinblick auf die Verschmutzungs- und Toleranzproblematik Vorteile gegenüber analogen Messverfahren aufweisen.

Man unterscheidet zwischen inkremental und absolut 25 messenden Verfahren. Typischerweise werden bei absolut messenden Verfahren optische Codierungen verwendet, wie beispielsweise der Cray-Code oder der Manchester-Code.

Für bestimmte Anwendungen, wie beispielsweise das 30 sogenannte Electronic Power Steering (EPS), wird neben der Winkelinformation an einer Achse zusätzlich auch die Kenntnis eines angelegten Drehmoments gewünscht. Da eine Drehmomentmessung in relativ einfacher Weise mit Hilfe einer Torsionsstrecke auf eine Winkelmessung abgebildet 35 werden kann, werden zur Zeit verstärkt Verfahren entwickelt, die sowohl den Winkel, als auch zusätzlich oder

- 2 -

alternativ hierzu das Drehmoment einer Achse über eine Winkelmessung bestimmen können. Den bekannten Verfahren ist gemeinsam, dass sie die Winkel vor und nach der Torsionsstrecke sehr genau messen, um dann aus einer 5 relativ geringen Winkeldifferenz auf das zu messende Drehmoment zu schließen.

Aus der DE-P 10042656 ist ein Verfahren zur Bestimmung eines Drehwinkels und/oder einer Winkeldifferenz aus 10 Phasensignalen bekannt. Das Verfahren wird an einer geteilten Welle mit Phasenspuren und einem zwischengeschalteten Torsionsstab realisiert, wobei mittels zugeordneter Sensoren und einer Auswerteeinheit in Bezug auf eine Umdrehung der Welle jeweils mehrdeutige 15 Phasensignale gewonnen werden. Zunächst werden gemäß diesem Verfahren wenigstens zwei Phasensignale zu einem Signal gewichtet aufsummiert, wobei anschließend von dem Signal ein nicht ganzzahliger Anteil gebildet wird, welcher proportional der Winkeldifferenz ist. Aus der 20 Winkeldifferenz ist durch Multiplikation mit der Federrate des zwischengeschalteten Torsionsstabes das an der Welle angreifende Drehmoment bestimmbar.

Ein Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, eine absolute 25 Messdatenerfassung, insbesondere eine Winkelmessung einer Achse, beispielsweise einer Lenkachse, mit der zusätzlichen optionalen Möglichkeit, ein auf die Achse wirkendes Drehmoment zu bestimmen, in möglichst einfacher Weise zu realisieren. Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung 30 ist es, eine Streckenmessung in möglichst einfacher Weise durchzuführen.

Diese Ziele werden erreicht durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie eine Vorrichtung mit 35 den Merkmalen des Patentanspruchs 8.

- 3 -

Das erfindungsgemäße Verfahren erweist sich, verglichen mit herkömmlichen Verfahren, aufgrund der unterschiedlichen regelmäßigen, periodischen Linienmuster als wesentlich toleranter gegen Schmutz und andere Beeinträchtigungen. Die
5 Gefahr von Fehlinterpretationen beispielsweise durch Verschmutzungen auf den jeweiligen Linienmustern ist erfindungsgemäß stark reduziert. Neben einer verringerten Schmutzempfindlichkeit (beispielsweise gegenüber Wasser oder Partikeln) können gegenüber herkömmlichen Verfahren
10 Leuchtstärkedriften der Beleuchtungsquellen über der Lebensdauer sowie Abstands- sowie Positionsabhängigkeiten des optischen Sensors in einfacher Weise kompensiert werden. Es erweist sich ferner als vorteilhaft, dass das erfindungsgemäß vorgeschlagene Verfahren eine relativ
15 geringe Redundanz aufweist.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass mit ihr die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in besonders einfacher Weise durchführbar ist.
20

Vorteile der Erfindung

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.
25
Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfassen die Paare von Linienmustern jeweils wenigstens einen Sinusverlauf und einen Cosinusverlauf, d. h. Verläufe, die in einer um 90° zueinander
30 phasenverschobenen Beziehung zueinander stehen. Die rechnerische Verarbeitung bzw. In-Beziehung-Setzung derartiger periodischer Verläufe erweist sich als besonders einfach durchführbar. Vorteilhaft hierbei ist, jeweils eine Schar von Sinus- und Cosinusverläufen gleicher
35 Periodenlänge und unterschiedlicher Amplitude zu verwenden. Bei Vorsehen regelmäßiger Abstände zwischen den Amplituden

- 4 -

einer Anzahl von Sinusverläufen bzw. Cosinusverläufen kann so gewährleistet werden, dass die einzelnen Sinusverläufe in einer Erstreckungsrichtung senkrecht zur Haupterstreckungsrichtung der Linienmuster stets gleiche 5 Abstände zueinander aufweisen.

Zweckmäßigerweise werden die Winkel bzw. Phasenlagen der jeweiligen Paare von Linienmustern (in Bewegungsrichtung des Bauteils) durch Arcustangensbildung des Quotienten der 10 Phasen bzw. Periodizitäten der jeweiligen Linienmuster (in einer Richtung senkrecht zur Bewegungsrichtung des Bauteils) bestimmt. Es ergeben sich die Beziehungen

$$\begin{aligned} \text{PH1} &= \arctan(P1/P2) \text{ bzw. } \arctan(F1/F2) \text{ und} \\ 15 \quad \text{PH2} &= \arctan(P3/P4) \text{ bzw. } \arctan(F3/F4), \end{aligned}$$

wobei die Winkel bzw. Phasenlagen der Linienmuster mit PH1, PH2, und die Periodizitäten mit P1 bis P4 bzw. F1 bis F4 bezeichnet sind.

20 Es ist bevorzugt, dass der zu bestimmende Drehwinkel unter Verwendung des Noniusprinzips aus den so ermittelten Phasenlagen PH1, PH2 bestimmt wird.

25 Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Phasenlagen der jeweiligen Linienmuster senkrecht zu der Drehrichtung der Welle über periodisch sich verändernde Abstände zwischen einzelnen Linien der jeweiligen Linienmuster bestimmt.

30 Durch die Bereitstellung mehrerer Linien in einem Linienmuster können Ungenauigkeiten, welche beispielsweise durch Verschmutzung verursacht sind, wirksam vermieden werden.

35 Es erweist sich hierbei als sehr vorteilhaft, wenn die benachbarten Linien der einzelnen Linienmuster auf einer

- 5 -

(gedachten) Schnittlinie senkrecht zur Drehrichtung der Welle stets gleiche Abstände zueinander aufweisen. Hierdurch ist die rechnerische Auswertung zum Erhalt der Phasen bzw. Phasenlagen P1 bis P4, beispielsweise mittels eines Mustervergleichs oder einer Fourieranalyse, vereinfacht. Es sei angemerkt, dass die Phasen bzw. Periodizitäten hier durch die konkret vorliegenden Abstände der Linien zueinander definiert sind.

- 10 Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Phasen der Linienmuster senkrecht zu der Drehrichtung der Welle über sich ändernde Abstände der Linien der Linienmuster zu einer sich parallel zu der Drehrichtung erstreckenden, realen oder imaginären Referenzlinie bestimmt. Diese Vorgehensweise ermöglicht die Bereitstellung von Linienmustern mit konstanten Abständen der einzelnen Linien senkrecht zu der Drehrichtung der Welle. Die elektronische bzw. rechnerische Bestimmung der Phasenlage derartiger
- 15 Muster mit bekannter Periodenlänge ist in einfacher und kostengünstiger Weise zu realisieren. Die Phasen sind hier durch den Abstand der jeweiligen Linien zu der Referenzlinie definiert.
- 20 25 Die Erfindung wird nun anhand der beigefügten Zeichnungen weiter beschrieben. In dieser zeigt

Fig. 1 eine perspektivische (schematisch vereinfachte) Ansicht einer ersten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 eine Projektionsansicht einer ersten bevorzugten Codespur für den Codering gemäß Fig. 1, mit der

- 6 -

eine erste bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens realisierbar ist,

Fig. 3 ein Schaubild zur Darstellung der mit einer
5 Codespur gemäß Fig. 2 erhaltenen Phasen bzw.
Periodizitäten senkrecht zu der Bewegungsrichtung
der Codespur,

Fig. 4 eine Projektionsansicht einer weiteren
10 bevorzugten Codespur für den Codering gemäß Fig.
1, mit der eine zweite bevorzugte Ausführungsform
des erfindungsgemäßen Verfahrens realisierbar
ist,

15 Fig. 5 ein Schaubild zur Darstellung der mit einer
Codespur gemäß Fig. 4 erhaltenen Phasen senkrecht
zu der Bewegungsrichtung der Codespur,

Fig. 6 eine Projektionsansicht einer weiteren
20 bevorzugten Codespur für den Codering gemäß Fig.
1, mit der eine dritte bevorzugte Ausführungsform
des erfindungsgemäßen Verfahrens realisierbar
ist, und

25 Fig. 7 ein Schaubild zur Darstellung der mit einer
Codespur gemäß Fig. 6 erhaltenen Phasen senkrecht
zu der Bewegungsrichtung der Codespur.

In Fig. 1 ist eine bevorzugte Ausführungsform der
30 erfindungsgemäßen Vorrichtung insgesamt mit 10 bezeichnet.
Die Vorrichtung weist einen auf einer Welle bzw. Achse,
deren Winkelstellung bestimmt werden soll, aufgebrachten
Codering 3 auf. Auf den Codering 3 ist beispielsweise
mittels eines Laserverfahrens eine Codespur 2 aufgebracht.
35 Die Drehrichtung der Codespur 2, welcher der Drehrichtung
der Welle 4 entspricht, ist mittels des Pfeiles X

- 7 -

verdeutlicht. Der Codering 3 ist mit der Welle 4, deren Drehwinkel Phi genau zu bestimmen ist, fest verbunden.

Die Vorrichtung weist ferner einen senkrecht zur
5 Bewegungsrichtung der Codespur 2 orientierten, bezüglich der Wellen 4 und der Codespur 2 drehfesten Sensor, im folgenden als CCD-Zeile 1 bezeichnet, auf. Die von der CCD-Zeile 1 anhand der Codespur 2 ermittelten Informationen werden zur weiteren Verarbeitung auf einem (schematisch 10 dargestellten) Rechner 5 gegeben.

Die Codespur ist, wie aus Fig. 2 ersichtlich, in vier Segmente 2a, 2b, 2c und 2d unterteilt, welche jeweils geschlossene, periodische Muster aufweisen, beispielsweise 15 analoge Sinus- und Cosinusverläufe. Hierbei bilden die Segmente 2a, 2b ein erstes Linienmusterpaar, die Segmente 2c, 2d ein zweites Linienmusterpaar. Die Periodizitäten der Linienmusterpaare werden so ausgelegt, dass die Segmente 2a und 2b n Perioden über den Umfang der Codespur 20 (Drehrichtung X über 360°) aufweisen, die Segmente 2c und 2d dagegen $n+1$ Perioden. Die Muster sind jeweils mehrlinig, mit der Besonderheit, dass die Abstände zwischen den Linien entlang der Abtastlinie der CCD-Zeile 1 (bzw. einer beliebigen imaginären Schnittlinie senkrecht zur 25 Bewegungsrichtung X) konstant sind. Eine einfache Realisierung dieses Musters ist durch übereinanderliegende, in den Amplituden unterschiedliche Sinus- und Cosinusspuren gegeben, wie sie z. B. in Fig. 2 dargestellt sind.

30 Die CCD-Zeile 1 erfasst in jeder Winkellage der Welle 4 vier regelmäßige, äquidistante Linienmuster 2a', 2b', 2c' und 2d'. Diese Linienmuster sind in Figur 3 dargestellt, und stellen gewissermaßen eine Momentaufnahme der Codespuren dar. Die Periodizität dieser Linienmuster kann in einer Auswerteelektronik (Rechner 5) bestimmt werden. Über eine 35 derartige Auswertung erhält man die Periodizitätslängen

- bzw. Phasen P1 bis P4 senkrecht zur Drehrichtung x der Welle 4, welche den jeweiligen Momentaufnahmen der Linienmustern 2a' bis 2d' zugeordnet sind. Diese Periodizitätslängen bzw. Phasen P1 bis P4 entlang der 5 Abtastlinie dienen anschließend als Eingangsgrößen für die absolute Winkelbestimmung. Die Periodizitätslängen lassen sich anschaulich als Abstände zwischen benachbarten Linien eines Linienmusters deuten.
- 10 Aus den Phasen P1 und P2 wird der Winkel bzw. die Phasenlage des ersten Sinus- und Cosinuspaars (des ersten Linienmusterpaars 2a, 2b) über eine einfache Arcustangens-Berechnung des Quotienten von P1 und P2 ermittelt, aus den Phasen P3 und P4 entsprechend die Phasenlage des zweiten 15 Linienmusterpaars. Es ergeben sich die beiden Phasenwerte
- PH1 = $\arctan(P1/P2)$ und
PH2 = $\arctan(P3/P4)$.
- 20 Diese beiden Werte im Bereich von 0 bis 2π werden dann mit Hilfe des Noniusprinzips, beispielsweise mit dem modifizierten Noniusverfahren, wie es in der DE 195 06 938 A1 beschrieben ist, zu einem auf dem Umfang des Coderings 3 bzw. der Welle 4 eindeutigen absoluten Positionswinkel Phi 25 des Coderings verrechnet. Es sei angemerkt, dass eine zunächst über einen Winkelbereich von 180° gegebene Eindeutigkeit auf einen Winkelbereich von 360° mittels einer Vorzeichenanalyse der Werte P1 bis P4 erweiterbar ist.
- 30 Zur Bestimmung des Positionswinkels Phi der Welle 4 wird zunächst ein Arbeitswert k aus den beiden Phasenwerten PH1 und PH2 gemäß der Gleichung

$$35 \quad k = \frac{(n+1) \cdot PH1 - n \cdot PH2}{360}$$

- 9 -

berechnet. Dieser Wert ist in aller Regel durch Messfehler von PH1 und PH2 nicht ganzzahlig. Aufgrund der mathematischen Beziehung zwischen PH1 und PH2 ist aber die
5 Ganzahligkeit des Wertes k zu fordern, so dass es sich vorliegend als zweckmäßig erweist, die nächste ganze Zahl zu k für die weitere Rechnung zu verwenden. Der Einfachheit halber wird diese nächste ganze Zahl im folgenden ebenfalls als k bezeichnet. Der Drehwinkel der Welle 4 berechnet sich
10 nun zu

$$\Phi = \frac{(n+1) \cdot PH1 + n \cdot PH2 - (2n+1) \cdot k \cdot 360}{2n \cdot (n+1)}$$

Diese Beziehung zeigt deutlich die mittels des
15 dargestellten Verfahrens gegebene Fehlerreduktion. Ein Fehler von PH1 oder PH2 überträgt sich nur im Verhältnis von etwa 1/n auf den gesuchten Winkel Phi.

Die Abweichung der realen Zahl k von der nächsten ganzen
20 Zahl, hier ebenfalls als k bezeichnet, kann als Maß für die Zuverlässigkeit des ermittelten Messwertes Phi verwendet werden.

Mit der dargestellten Vorrichtung 10 unter Verwendung des
25 erfindungsgemäßen Verfahrens können durch toleranzbehaftete Einbauten der CCD-Zeile 1 verursachte Ungenauigkeiten weitgehend automatisch korrigiert werden. Ein Versatz der CCD-Zeile in Längsrichtung (mittels Pfeil Y in Fig. 1 dargestellt) spielt keine Rolle, da lediglich
30 Periodizitäten von regelmäßigen Mustern bestimmt werden. Eine Höhenabweichung, d.h. der Abstand des Coderings 3 von der CCD-Zeile 1, die sich in einer Vergrößerung oder Verkleinerung der Periodizitäten äußert, wird durch die Quotientenbildung eliminiert. Selbst Schräglagen der CCD-
35 Zeile 1 sind zum einen durch Mittelungen (in diesem Fall

- 10 -

wären die Abstände der einzelnen Linien der Linienmuster nicht mehr vollkommen konstant), zum anderen durch die Arcustangensbildung bis zu gewissen Grenzen korrigierbar.

- 5 Eine Erweiterung des dargestellten Verfahrens auf die Drehmomentmessung ist in bekannter Weise mittels eines zweiten Coderings, der über eine Torsionsstrecke drehmomentabhängig verdrehbar ist, verwirklichbar. Die erzielbaren Genauigkeiten der jeweils gemessenen Winkel 10 lassen für zahlreiche Anwendungen eine hinreichend genaue Drehmomenterfassung zu.

Es sei angemerkt, dass mit dem dargestellten Verfahren auch in einfacher Weise eine lineare Wegmessung möglich ist.

- 15 Beispielsweise kann das in Fig. 2 dargestellte Muster auf Papier gedruckt und auf eine zu messende Strecke aufgeklebt werden. Die Messung erfolgt dann mit Hilfe der gleichen oder einer ähnlichen Optik und Auswertung.

- 20 Eine weitere bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird nun anhand der Figuren 4 und 5 erläutert. Bei der oben dargestellten ersten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wurden aus ortsbabhängigen Phasen lokale 25 Winkelinformationen ermittelt, die dann mit Hilfe eines Noniusverfahrens zu einem Gesamtwinkel verrechnet wurden. Da zur optischen bzw. elektronischen Erkennung von unterschiedlichen bzw. veränderlichen Periodizitäten ein gewisser Hard- und Softwareaufwand erforderlich ist 30 (beispielsweise zur Durchführung von Fouriertransformationen), wird bei der nun dargestellten zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens die lokale Winkelinformationen aus sich zueinander verschiebenden Linienmustern mit konstanter Periodizität 35 gewonnen. Die elektronische Bestimmung der Phasen

- 11 -

derartiger Muster mit bekannter Periodenlänge ist in sehr einfacher und kostengünstiger Weise zu realisieren.

Die Perspektiven der Figuren 4 und 5 entsprechen denjenigen
5 der Figuren 2 bzw. 3. Die CCD-Zeile 1 ist hierbei ebenfalls senkrecht zur Bewegungsrichtung x der Codespur 2 angeordnet. Die Codespur 2 ist in vier Segmente 2a, 2b, 2d, 2c unterteilt, die wieder jeweils geschlossene periodische Liniemuster, wie beispielsweise Sinus- und
10 Cosinusverläufe, aufweisen. Die Periodizitäten dieser Muster werden so ausgelegt, dass die beiden ersten Segmente 2a und 2b, welche ein erstes Linienmusterpaar bilden, über den Umfang der Codespur (360°) n Perioden aufweisen, und die Segmente 2c und 2d m Perioden, beispielsweise $n+1$
15 Perioden.

Auf der CCD-Zeile 1 werden die Liniemuster als periodische Strukturen mit bekannter und fester Periode bzw.
Periodizität abgebildet, wie dies in Fig. 5 dargestellt
20 ist. Hierbei sind jedoch die Muster F1, F2, F3 und F4 in einer Phasenbeziehung zu einer gedachten Referenzlinie, d. h. einer beliebigen Linie in Richtung der Bewegungsrichtung x. Die Phasenverschiebungen unterliegen gegebenenfalls zusätzlich einer konstanten Verschiebung (Offset), die
25 durch die Einbaugeometrie bzw. durch Toleranzen oder Spiel verursacht werden kann. Da diese konstante Verschiebung in allen vier Segmenten gleich ist, ist sie unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Phasenlagen F1 und F2 bzw. F3 und F4 jeweils dem Sinus und Cosinus eines
30 gemeinsamen Winkels entsprechen müssen, in einfacher Weise berechenbar.

Die weitere Berechnung des Gesamtwinkels erfolgt dann analog zur Auswertung, wie sie bereits unter Bezugnahme auf
35 die erste bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben wurde.

- 12 -

Gemäß der Ausführungsform der Codespur zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wie sie in den Figuren 6 und 7 dargestellt ist, ist im Gegensatz zu dem zweiten
5 bevorzugten Ausführungsbeispiel zusätzlich zu den Linienmustern 2a bis 2d auf einem mittleren Segment der Codespur ein weiteres Linienmuster 2e vorgesehen, das ein geradliniges konstantes Linienmuster als Referenz aufweist. Die Verwendung eines derartigen, explizit auf der Codespur
10 realisierten Referenzmusters erweist sich bei der rechnerischen Auswertung der Phasenlagen F1 bis F4 als vorteilhaft. Beispielsweise lässt sich eine konstante Verschiebung, die durch die Einbaugeometrie oder Toleranz verursacht ist, direkt aufgrund des fünften Linienmusters
15 2e ermitteln, da die geraden Linien genau um diesen Betrag der konstanten Verschiebung verschoben sind.

- 13 -

5

Ansprüche

- 10 1. Verfahren zur optischen Messdatenerfassung eines rotatorisch oder translatorisch beweglichen Bauteils, insbesondere zur optischen Winkel-, Drehmoment- oder Streckenerfassung, mit folgenden Schritten:
- Bereitstellung eines ersten Paars sich in Bewegungsrichtung des Bauteils erstreckender, periodischer Linienmuster (2a, 2b), welche über den Bewegungsbereich des beweglichen Bauteils, insbesondere eine definierbare Strecke oder einen Winkelbereich, beispielsweise von 360° , jeweils n Perioden aufweisen, wobei die Linienmuster in Bewegungsrichtung des Bauteils (2a, 2b) in einer festen Phasenbeziehung zueinander stehen,
 - Bereitstellung eines zweiten Paars sich in Bewegungsrichtung des Bauteils erstreckender, periodischer Linienmuster (2c, 2d), welche über den Bewegungsbereich des beweglichen Bauteils, insbesondere eine definierbare Strecke oder einen Winkelbereich, beispielsweise von 360° , jeweils m, insbesondere $n+1$ Perioden aufweisen, wobei die Linienmuster in Bewegungsrichtung des Bauteils (2c, 2d) in einer festen Phasenbeziehung zueinander stehen,
 - Feststellung jeweiliger Periodizitäten bzw. Phasen ($P_1, P_2; F_1, F_2$) der Linienmuster des ersten Paars (2a, 2b) bezüglich eines Referenzwertes senkrecht zu der Bewegungsrichtung des Bauteils,

- Feststellung jeweiliger Periodizitäten bzw. Phasen (P3, P4; F3, F4) der Linienmuster des zweiten Paars (2c, 2d) bezüglich eines Referenzwertes senkrecht zu der Bewegungsrichtung des Bauteils,
- 5 - Bestimmung der Phasenlage (PH1) des ersten Paars von Linienmustern (2a, 2b) auf der Grundlage der Periodizitäten bzw. Phasen (P1, P2; F1, F2),
- Bestimmung der Phasenlage (PH2) des zweiten Paars von Linienmustern auf der Grundlage der Periodizitäten
- 10 bzw. Phasen (P3, P4, F3, F4), und
- Bestimmung der Position des Bauteils auf der Grundlage der Phasenlagen (PH1, PH2).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Linienmuster (2a, 2b; 2c, 2d) jeweils wenigstens einen Sinus- und einen Cosinusverlauf, insbesondere eine Anzahl von Sinus- und Cosinusverläufen jeweils gleicher Periodenlänge und unterschiedlicher Amplitude, umfassen.

20 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenlagen (PH1, PH2) entsprechend Gleichungen der Form

$$\begin{aligned} \text{PH1} &= \arctan (P1/P2) \text{ bzw. } \arctan F1/F2 \text{ und} \\ 25 \quad \text{PH2} &= \arctan (P3/P4) \text{ bzw. } \arctan F3/F4 \end{aligned}$$

berechnet werden.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Drehwinkel einer Welle (4) unter Verwendung des Noniusprinzips aus den Phasenlagen (PH1, PH2) bestimmt wird.

35 5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Periodizitäten bzw. Phasen (P1, P2, P3, P4) der Linienmuster senkrecht zu der Drehrichtung

- 15 -

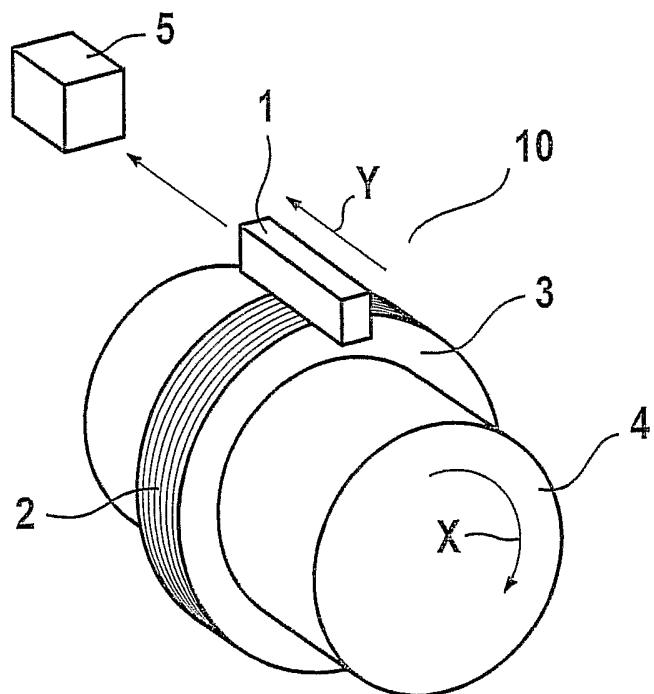
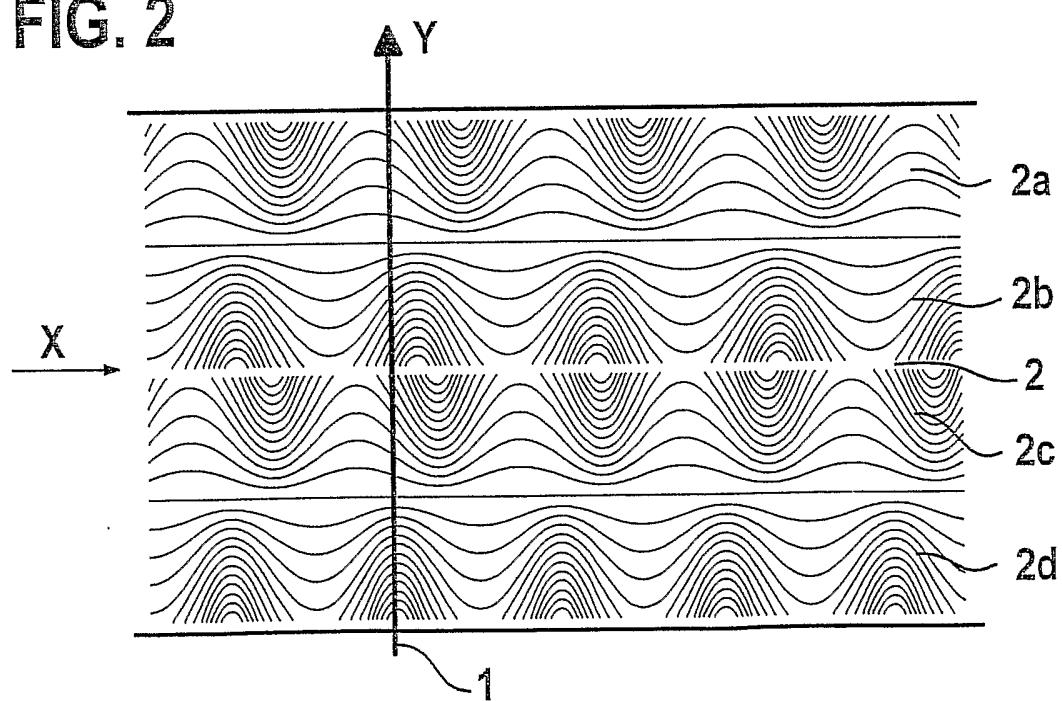
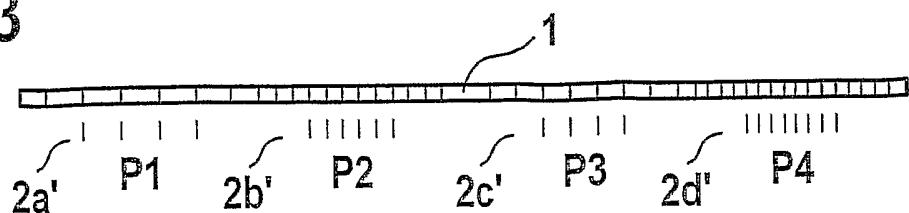
einer Welle über periodisch sich verändernde Abstände zwischen einzelnen Linien der jeweiligen Linienmuster (2a, 2b, 2c, 2d) bestimmt werden.

- 5 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass benachbarte Linien der einzelnen Linienmuster (2a, 2b, 2c, 2d) auf einer Schnittlinie senkrecht zu der Drehrichtung der Welle stets gleiche Abstände zueinander aufweisen.
- 10 7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasen (F1, F2, F3, F4) der Linienmuster senkrecht zu der Drehrichtung einer Welle (4) über sich ändernde Abstände der Linien der Linienmuster zu einer sich geradlinig in Drehrichtung erstreckenden, 15 realen oder imaginären Referenzlinie bzw. Referenzlinienmuster (2e) bestimmt werden, wobei die einzelnen Linien der Linienmuster in Bewegungsrichtung des Bauteils stets konstante Abstände zueinander aufweisen.
- 20 8. Vorrichtung zur optischen Messdatenerfassung eines rotatorisch oder translatorisch beweglichen Bauteils (4), insbesondere zur optischen Winkel-, Drehmoment- oder Streckenerfassung, gemäß dem Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, mit einer auf das bewegliche 25 Bauteil aufbringbaren Codespur (2), welche wenigstens zwei Paare periodischer Linienmuster (2a, 2b, 2c, 2d) umfasst, einem Sensor (1) zur optischen Detektierung der Linienmuster, und einer Recheneinrichtung (5) zur Berechnung einer Position des Bauteils (4) auf der 30 Grundlage der mittels des Sensors (1) erfassten Linienmuster und aus diesen abgeleiteter Periodizitäten bzw. Phasen.
- 35 9. Codierung zur Verwendung in dem Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 7 oder der Vorrichtung nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch wenigstens zwei Paar

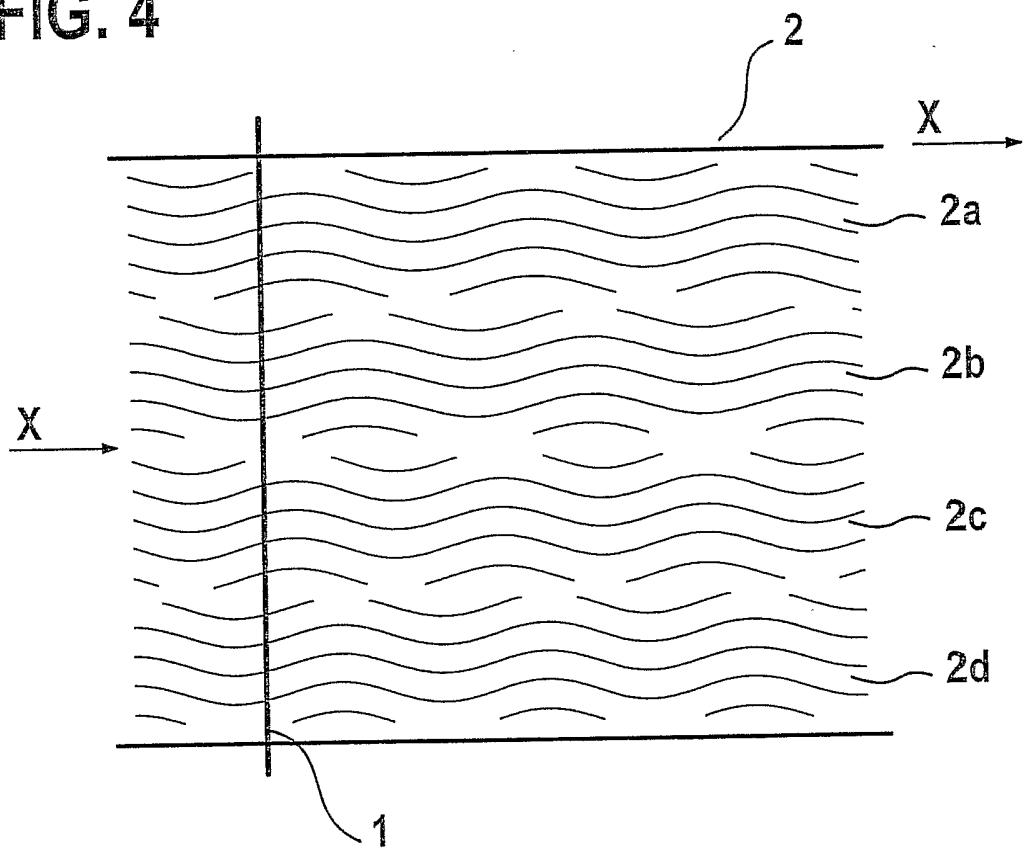
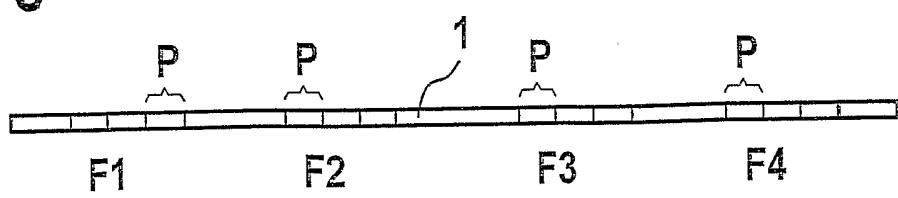
- 16 -

periodischer Linienmuster (2a, 2b, 2c, 2d), wobei ein
erstes Paar über den Umfang des Coderings n, und das zweite
Paar über den Umfang des Coderings m, insbesondere $n+1$
Perioden aufweist, und die Linienmuster der jeweiligen
5 Paare in einer festen Phasenbeziehung zueinander stehen.

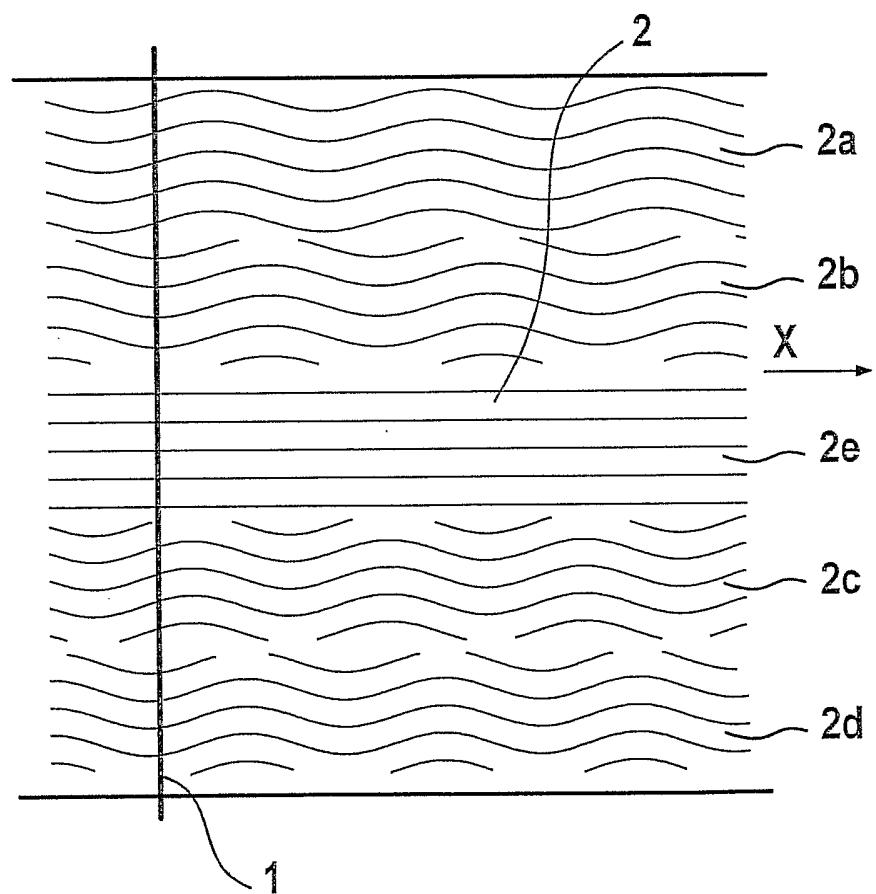
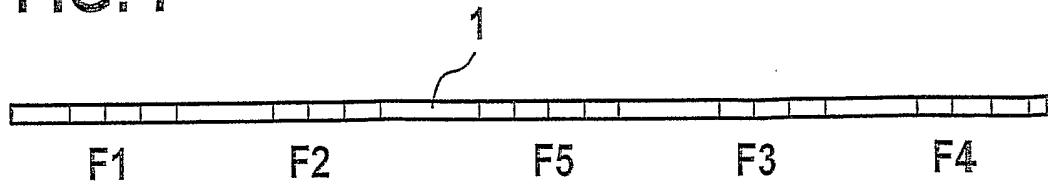
1 / 3

FIG. 1**FIG. 2****FIG. 3**

2 / 3

FIG. 4**FIG. 5**

3 / 3

FIG. 6**FIG. 7**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 02/02238

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01D5/347 B62D5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 198 55 064 A (KOSTAL) 31 May 2000 (2000-05-31) column 4, line 48 - line 68; figures 1A,B ---	1,8,9
A	EP 1 043 571 A (TR) 11 October 2000 (2000-10-11) column 5, line 5 - line 34; figure 1 ---	1,8,9
A	DE 42 25 319 A (HERREN TRUMPOLD ET AL.) 3 February 1994 (1994-02-03) figure 1 ---	
A	US 5 237 391 A (BOEING) 17 August 1993 (1993-08-17) figure 1 -----	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *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 when the document is taken alone
- *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

Date of the actual completion of the international search

11 September 2002

Date of mailing of the international search report

20/09/2002

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mielke, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Application No

PCT/DE 02/02238

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
DE 19855064	A	31-05-2000	DE	19855064 A1		31-05-2000
EP 1043571	A	11-10-2000	DE EP	19916217 A1 1043571 A1		26-10-2000 11-10-2000
DE 4225319	A	03-02-1994	DE	4225319 A1		03-02-1994
US 5237391	A	17-08-1993	US WO US	4964727 A 9204776 A1 5069547 A		23-10-1990 19-03-1992 03-12-1991

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In. .tionales Aktenzeichen
PCT/DE 02/02238

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01D5/347 B62D5/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 198 55 064 A (KOSTAL) 31. Mai 2000 (2000-05-31) Spalte 4, Zeile 48 – Zeile 68; Abbildungen 1A,B ---	1,8,9
A	EP 1 043 571 A (TR) 11. Oktober 2000 (2000-10-11) Spalte 5, Zeile 5 – Zeile 34; Abbildung 1 ---	1,8,9
A	DE 42 25 319 A (HERREN TRUMPOLD ET AL.) 3. Februar 1994 (1994-02-03) Abbildung 1 ---	
A	US 5 237 391 A (BOEING) 17. August 1993 (1993-08-17) Abbildung 1 -----	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"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 allein aufgrund dieser Veröffentlichung 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

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11. September 2002

20/09/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL – 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mielke, W

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

In...ionales Aktenzeichen

PCT/DE 02/02238

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19855064	A	31-05-2000	DE	19855064 A1		31-05-2000
EP 1043571	A	11-10-2000	DE	19916217 A1		26-10-2000
			EP	1043571 A1		11-10-2000
DE 4225319	A	03-02-1994	DE	4225319 A1		03-02-1994
US 5237391	A	17-08-1993	US	4964727 A		23-10-1990
			WO	9204776 A1		19-03-1992
			US	5069547 A		03-12-1991