



(10) **DE 10 2007 022 196 B4** 2018.10.31

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2007 022 196.9**  
(22) Anmeldetag: **11.05.2007**  
(43) Offenlegungstag: **22.11.2007**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **31.10.2018**

(51) Int Cl.: **G01B 7/30 (2006.01)**  
**G01D 3/02 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**2006-136562 16.05.2006 JP**

(73) Patentinhaber:  
**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP; Nippon Soken, Inc., Nishio-shi, Aichi-ken, JP**

(74) Vertreter:  
**KUHNEN & WACKER Patent- und  
Rechtsanwaltsbüro PartG mbB, 85354 Freising,  
DE**

(72) Erfinder:  
**Hatanaka, Shinji, Nishio, Aichi, JP; Takeda, Kenji,  
Nishio, Aichi, JP; Fukaya, Shigetoshi, Kariya,  
Aichi, JP**

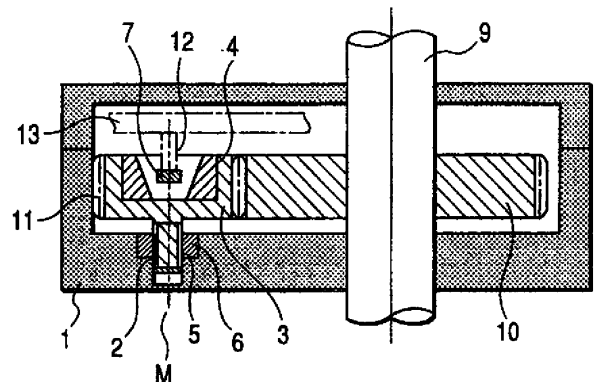
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	103 34 869	B3
DE	103 49 556	A1
DE	199 27 191	A1
EP	1 826 534	A2
JP	2002- 213 910	A
JP	2007- 256 250	A
JP	2004- 53 444	A
JP	2005- 55 297	A

(54) Bezeichnung: **Drehwinkel-Detektorgerät, welches eine Messung von Graden einer Drehung einer Welle ermöglicht, die 360° überschreitet**

(57) Hauptanspruch: Drehwinkel-Detektorgerät zum Erhalten eines momentanen Wertes eines Drehwinkels ( $\theta_0$ ) einer Drehwelle (9) innerhalb eines Messbereiches, der 360° überschreitet, aufweisend ein Gehäuse (1), welches die Drehwelle (9) enthält, die drehbar in diesem montiert ist, einem Magneten (4), der fest an der Drehwelle (9) angebracht ist, einen ersten Magnetsensor und einen zweiten Magnetsensor (7), die jeweils fest in Bezug auf das Gehäuse (1) montiert sind und jeweils auf einer Drehachse der Drehwelle (9) gelegen sind, um jeweilige Sensorsignale zu erzeugen, die in Einklang mit den Werten des magnetischen Flusses variieren, der in Richtungen entsprechend rechten Winkeln zueinander und in rechten Winkeln zur Drehachse verläuft, einen Mechanismus, der zum Bewegen des Magnets (4) entlang der Drehachse in der Lage ist, wenn sich der Magnet dreht, und eine Signalverarbeitungsschaltung (8) zum Verarbeiten der Sensorsignale; wobei die Signalverarbeitungsschaltung (8) dafür ausgelegt ist, einen momentanen Wert eines ersten Berechnungsbetrages ( $\theta_1$ ) und einen momentanen Wert eines zweiten Berechnungsbetrages ( $\theta_2$ ) basierend auf den jeweiligen Werten des ersten Sensorsignals und des zweiten Sensorsignals zu berechnen, wobei der erste Berechnungsbetrag ( $\theta_1$ ) monoton mit variierendem Drehwinkel ( $\theta_i$ ) der Welle (9) variiert und zwar über den Messbereich

der Werte des Drehwinkels der Welle (9), und wobei der zweite Berechnungsbetrag ( $\theta_2$ ) mit variierendem Drehwinkel ( $\theta_i$ ) der Welle (9) ...



**Beschreibung**QUERVERWEIS AUF  
VERWANDTE ANMELDUNGEN

**[0001]** Die vorliegende Anmeldung basiert auf und schließt die japanische Patent-Erstanmeldung Nr. 2006-136562, die am 16. Mai 2006 angemeldet wurde, durch Bezugnahme mit ein.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## Gebiet der Erfindung

**[0002]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Drehwinkel-Detektorgerät zum Detektieren der Grade der Drehung einer Drehwelle von einer Bezugs-Winkelposition aus. Speziell betrifft die Erfindung ein Drehwinkel-Detektorgerät, welches einen Magneten enthält und in welchem der Grad einer Drehung basierend auf Änderungen in den detektierten Werten des magnetischen Flusses detektiert wird.

## Beschreibung des Standes der Technik

**[0003]** Typen von Drehwinkel-Detektorgeräten sind herkömmlich bekannt, die Änderungen in einem Drehwinkel von Magneten detektieren, indem sie Magnetsensoren verwenden und indem sie dadurch die Größen der Änderung im Drehwinkel einer Drehwelle detektieren. Eine Drehwelle, deren Winkelposition detektiert werden soll und zwar mit Hilfe eines derartigen Gerätes, wird als eine „Ausgangsdrehwelle“ bezeichnet. Ein Typ eines Drehwinkel-Detektorgerätes, welches das Detektieren von Beträgen des Drehwinkels ermöglicht (von einer Bezugsposition aus), der  $360^\circ$  überschreitet, ist beispielsweise in der JP 2002- 213 910 A beschrieben (die im Folgenden als Bezugsdokument 1 bezeichnet wird). Solch ein Typ eines Drehwinkel-Detektorgerätes wird im Folgenden als „über- $360^\circ$ -Drehwinkel-Detektorgerät“ bezeichnet.

**[0004]** Beim über- $360^\circ$ -Drehwinkel-Detektorgerät, welches in dem Bezugsdokument 1 beschrieben ist, gelangen zwei Wellen, die jeweils Magnete tragen, jeweils unabhängig in Anlage oder Eingriff mit einer Ausgangsdrehwelle (das heißt deren Winkelposition soll gemessen werden), und es werden die jeweiligen Drehwinkel der zwei Magnetwellen durch entsprechende Magnetsensoren detektiert. Zwei Drehwinkel-Detektionssignale werden somit durch diese Magnetsensoren erzeugt.

**[0005]** Bei dem Gerät gemäß dem Bezugsdokument 1 besteht eines der Drehwinkel-Detektionssignale aus einem Signal, welches monoton über den gesamten Bereich der Messung der Winkelpositionen der Ausgangsdrehwelle variiert. Das zweite Drehwinkel-Detektionssignal variiert in einer periodischen Weise

(das heißt in Form einer aufeinanderfolgenden Änderung durch Zunahme von einem minimalen Wert aus bis zu einem maximalen Wert hin), wenn sich der Drehwinkel der Ausgangsdrehwelle aufeinanderfolgend über den Messbereich hinweg vergrößert, wobei eine Vielzahl von Variationsperioden des zweiten Drehwinkel-Detektionssignals über den Messbereich hinweg auftreten.

**[0006]** Es werden an den jeweiligen Drehwinkel-Detektionssignalen von den zwei Magnetsensoren Berechnungen durchgeführt, um Werte hinsichtlich der Beträge der Drehung der Ausgangsdrehwelle zu erhalten, die  $360^\circ$  überschreiten.

**[0007]** Es ist jedoch bekannt, dass solch ein Typ eines Drehwinkel-Detektorgerätes eine Absenkung der Detektionsgenauigkeit aufweist und zwar als Ergebnis der Einwirkungen von Temperaturschwankungen und einer Langzeitverwendung. Aus diesem Grund wurde in der JP 2005- 55 297 A (die im Folgenden als Bezugsdokument 2 bezeichnet wird) vorgeschlagen, einen Temperaturdetektor zu verwenden, um eine Temperaturkompensation an dem Drehwinkel-Detektorgerät des in dem Bezugsdokument 1 beschriebenen Typs anzuwenden. Zusätzlich wurde in der JP 2004- 53 444 A (die im Folgenden als Bezugsdokument 3 bezeichnet wird) vorgeschlagen Informationen im Voraus abzuspeichern und zwar zu dem Zweck, um eine Kompensation hinsichtlich der Wirkungen der Langzeitverwendung eines Drehwinkel-Detektorgerätes des in dem Bezugsdokument 1 beschriebenen Typs zur Anwendung zu bringen.

**[0008]** Jedoch erfordern derartige Typen von herkömmlichen Drehwinkel-Detektorgeräten das Hinzufügen von Temperatursensorelementen (im Falle von Verfahren, die eine Temperaturkompensation anwenden), wodurch die Gesamtkosten solch eines Gerätes erhöht werden. Im Falle eines Gerätes, bei dem eine Kompensation hinsichtlich der Wirkungen von Langzeitvariationen angewendet wird, können tatsächliche Änderungen in den Komponenten-Eigenschaften als Ergebnis der Langzeitverwendung variieren und zwar im Wesentlichen abweichend von vorhergesagten Änderungen und aufgrund der Wirkungen von Herstellungsschwankungen in den Komponenteneigenschaften und so weiter.

**[0009]** Somit sind derartige herkömmliche Gerätetypen mit dem Nachteil behaftet, dass sie hinsichtlich der Langzeitgenauigkeit der Messung unzuverlässig sind. Zusätzlich erfordern sie die Verwendung einer Vielzahl von Magneten und Mechanismen, welche die Magnete jeweils getrennt für eine Drehung antreiben, sodass auch noch der Nachteil einer relativ komplexen Konfiguration hinzukommt, was auch zu weiteren Erhöhungen der Herstellungskosten führt.

**[0010]** DE 103 49 556 A1 offenbart eine Gebereinrichtung mit einem Winkelsensor für eine Anordnung aus einem gegeneinander drehbaren ersten und einem zweiten Teil, wobei die Drehung durch eine Rotationsachse definiert ist. Der mit dem ersten Teil verbundene Winkelsensor erfasst die von einem Drehwinkel abhängige Sinus- und Kosinuskomponente eines Magnetfeldes, das von einer Magneteinrichtung erzeugt wird, die zusammen mit dem ersten Teil an der Rotation teilnimmt. Um größere Winkel als  $360^\circ$  zu erfassen, wird zusätzlich zum relativen Drehwinkel als eine weitere Komponente der Betrag des Magnetfeldes mitbestimmt, der sich in Abhängigkeit von einem absoluten Drehwinkel auf vorgegebene Weise ändert, wobei die Änderung so groß ist, dass Mehrdeutigkeiten in der Winkelangabe durch eine logische Verknüpfung des relativen Drehwinkels mit dem Betrag des Magnetfeldes ausgeschlossen sind.

**[0011]** DE 103 34 869 B3 offenbart einen Drehwinkelsensor, der eine drehbare Welle hat, die mit einem Permanentmagneten gekoppelt ist, sowie ein magnetempfindliches Sensorelement, das in Abhängigkeit vom relativen Drehwinkel zwischen Magnet und Sensorelement ein sinusförmiges und ein kosinusförmiges Ausgangssignal erzeugt, sowie eine Auswertelektronik, die aus den Ausgangssignalen ein dem Drehwinkel entsprechendes Signal erzeugt. Die Welle ist längs einer Führungsbahn bei ihrer Drehung um ihre Achse zusätzlich linear parallel zu ihrer Achse verschieblich geführt, so dass sich der Abstand zwischen Magnet und Sensor bei der Drehung entsprechend einer Steigung der Führungsbahn verändert. Aus den Sensorsignalen wird zusätzlich ein Signal ermittelt, das den Betrag der von dem Abstand abhängigen Feldstärke entspricht. Hieraus wird ein Grobsignal ermittelt, aus dem die Anzahl der Umdrehungen ermittelbar ist. Aus den sinus- und kosinusförmigen Sensorsignalen wird ein Feinsignal bestimmt, das zur Anzahl der Umdrehungen mal  $360^\circ$  hinzuaddiert wird.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0012]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung die oben erläuterten Probleme des Standes der Technik zu überwinden und ein Drehwinkel-Detektorgerät zu schaffen, welches die Fähigkeit besitzt die Beträge eines Drehwinkels zu detektieren, die größer sind als  $360^\circ$  und dessen Detektionsgenauigkeit im Wesentlichen von Schwankungen in der Betriebstemperatur oder Langzeitänderungen in den Komponenteneigenschaften unbeeinflusst bleibt, sowie ein Drehwinkel-Detektorgerät zu schaffen, welches das Erfassen eines magnetischen Flusses zum Zwecke der Drehdetektion verwendet, was unter Verwendung eines einzelnen Magneten implementiert wird und zwar unter gleichzeitiger Vereinfachung der Konfiguration, wie diese bei herkömmlichen Typen des Gerätes nicht möglich war.

**[0013]** Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. 8 gelöst. Weitere vorteilhafte Weiterentwicklungen und Ausführungen sind Gegenstand der sich daran anschließenden Unteransprüchen.

**[0014]** Die Erfindung schafft ein Drehwinkel-Detektorgerät, bei dem ein erster Berechnungsbetrag abgeleitet wird, der monoton in Einklang mit dem Drehwinkel einer Drehwelle variiert (das heißt einer Winkelverschiebung von einer Bezugsposition aus) und zwar innerhalb eines bestimmten Bereiches von Winkelwerten, wobei die Werte des ersten Berechnungsbetrages und der Drehwinkel in Einklang mit einer vorbestimmten Beziehung aufeinander bezogen werden, und mit einem zweiten Berechnungsbetrag, der ebenfalls abgeleitet wird und der periodisch in Übereinstimmung mit der Drehung der Drehwelle variiert (das heißt Zunahmen von einem Maximum zu einem Minimumwert einmal oder mehrere Male und zwar während einer vollständigen Umdrehung der Drehwelle). Die Erfindung nutzt die Tatsache aus, dass dann, wenn der maximale Betrag eines Fehlers in dem ersten Berechnungsbetrag kleiner ist als ein vorbestimmtes maximales Ausmaß (innerhalb des vorbestimmten Bereiches der Winkelwerte), der Drehwinkel exakt basierend auf Werten berechnet werden kann, die für den ersten Berechnungsbetrag und für den zweiten Berechnungsbetrag erhalten werden, und zwar ungeachtet dem Fehler in dem ersten Berechnungsbetrag.

**[0015]** Der Ausdruck „Betrag des Fehlers in dem ersten Berechnungsbetrag“ wird hier verwendet, um eine Differenz zwischen einem idealen Wert des ersten Berechnungsbetrages anzugeben (das heißt einem Wert, der exakt auf den Drehwinkel bezogen ist und zwar gemäß der vorbestimmten Beziehung) und dem tatsächlich erhaltenen Wert des ersten Berechnungsbetrages.

**[0016]** Das Gerät verwendet in bevorzugter Weise Sensoren, welche die Werte des Magnetflusses detektieren, der von einem Magnet erzeugt wird und zwar bei einer relativen Drehbewegung und einer relativen axialen Bewegung, die zwischen den Magneten und den Sensoren in Übereinstimmung mit der Drehung der Drehwelle erzeugt werden. Die Werte des ersten Berechnungsbetrages werden basierend auf Schwankungen in dem Wert oder Pegel der Sensorsignale erhalten, die aus der relativen axialen Bewegung resultieren, und es werden die Werte des ersten Berechnungsbetrages basierend auf Variationen in dem Pegel der Sensorsignale erhalten, die aus der relativen Drehbewegung resultieren.

**[0017]** Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird erreicht, dass (vor dem Beginn des Betriebes des Gerätes) der maximale Fehlerbetrag in dem ersten Berechnungsbetrag kleiner ist als das zuvor angesprochene vorbestimmte maximale Ausmaß, und

zwar für alle Werte innerhalb des zuvor genannten vorbestimmten Bereiches, wobei die Messung des Drehwinkels durch Berechnen durchgeführt wird und zwar unter Verwendung der Werte, die für den ersten Berechnungsbetrag und den zweiten Berechnungsbetrag in Verbindung mit der vorbestimmten Beziehung erhalten werden.

**[0018]** Spezifischer ausgedrückt schafft die Erfindung gemäß dem ersten Aspekt ein Drehwinkel-Detektorgerät zum Ableiten eines momentanen Wertes des Wellendrehwinkels einer Drehwelle innerhalb eines Bereiches, der  $360^\circ$  überschreitet, wobei der Wellendrehwinkel als 0 bezeichnet wird, und wobei das Gerät eine Einrichtung enthält, um folgendes abzuleiten:

(a) einen ersten Berechnungsbetrag als eine Funktion  $f(\theta)$ , der monoton über einen Bereich von Werten des Wellendrehwinkels  $\theta$  variiert, welcher  $360^\circ$  überschreitet, und

(b) einen zweiten Berechnungsbetrag, der periodisch zwischen einem minimalen und einem maximalen Wert in Übereinstimmung mit der Schwankung des Wellendrehwinkels variiert, wobei eine vorbestimmte ganzzahlige Anzahl von Variationsperioden des zweiten Berechnungsbetrages innerhalb des Variationsbereiches von  $360^\circ$  des Wellendrehwinkels auftritt.

**[0019]** Zusätzlich enthält das Gerät eine Verarbeitungsschaltung, um eine Operation an den jeweiligen momentanen Werten des ersten Berechnungsbetrages und des zweiten Berechnungsbetrages durchzuführen, um einen momentanen Wert des Wellendrehwinkels  $\theta$  zu berechnen, wobei das Gerät auch in solcher Weise konfiguriert ist, dass die absolute Größe eines Fehlerbetrages in dem ersten Berechnungsbetrag nicht größer ist als ein vorbestimmter zulässiger Wert.

**[0020]** In bevorzugter Weise beträgt der zulässige Wert einhalb des Betrages der Änderung in dem ersten Berechnungsbetrag, welcher einer Variationsperiode des zweiten Berechnungsbetrages entspricht.

**[0021]** Gemäß einem zweiten Aspekt schafft die Erfindung ein Drehwinkel-Detektorgerät, bei dem sichergestellt wird, dass (nachfolgend auf der Anfangsoperation des Gerätes) selbst dann, wenn der maximale Betrag des Fehlers in dem ersten Berechnungsbetrag das zuvor erwähnte vorbestimmte maximale Ausmaß anfängt zu überschreiten, eine exakte Berechnung der Werte des Drehwinkels der Drehwelle fortgesetzt werden kann.

**[0022]** Dies wird im Wesentlichen durch folgendes erreicht:

(1) Sicherstellen, dass der Fehlerbetrag unter dem oben erwähnten maximalen Ausmaß bleibt und zwar für jeden der Werte des ersten Berechnungsbetrages, die den Drehwinkelwerten jeweils entsprechen, bevor das Gerät zu Beginn in Betrieb gesetzt wird, und nachfolgend

(2) jedes Mal, wenn die Werte des ersten Berechnungsbetrages und des zweiten Berechnungsbetrages erhalten werden, und zwar für die Verwendung beim Ableiten eines momentanen Wertes des Drehwinkels, ein an früherer Stelle abgeleiteter Fehlerbetrag entsprechend demjenigen Wert des ersten Berechnungsbetrages, aus einem wiederbeschreibbaren nichtflüchtigen Speicher gelesen wird und verwendet wird, um einen kompensierten Wert des ersten Berechnungsbetrages zu erhalten, wobei dieser kompensierte Wert in Verbindung mit dem zweiten Berechnungsbetrag verwendet wird, um den Drehwinkel zu berechnen,

(3) es wird der berechnete Drehwinkel in einen äquivalenten Wert des ersten Berechnungsbetrages umgewandelt und zwar durch die Verwendung der zuvor angesprochenen Beziehung (das heißt um einen idealen Wert des ersten Berechnungsbetrages zu erhalten), der dann dazu verwendet wird, um einen auf den neuesten Stand gebrachten Wert für den zuvor genannten entsprechenden Fehlerbetrag zu berechnen, und

(4) es wird der auf den neuesten Stand gebrachte entsprechende Fehlerbetrag in dem wiederbeschreibbaren nichtflüchtigen Speicher gespeichert, wobei der an früherer Stelle gespeicherte entsprechende Fehlerbetrag ersetzt wird.

**[0023]** Auf diese Weise werden die Fehlerbeträge entsprechend jedem der möglichen Werte des ersten berechneten Betrages sukzessive auf den neuesten Stand gebracht und zwar über die gesamte Lebensdauer des Gerätes hinweg und werden dazu verwendet, um den entsprechenden Berechnungsbetrag zu kompensieren, wenn ein Drehwinkelwert berechnet wird. Selbst wenn somit der Fehlerbetrag für irgendeinen Wert des ersten Berechnungsbetrages den zuvor genannten maximalen Betrag überschreiten sollte (zum Beispiel aufgrund von Langzeitänderungen in den Eigenschaften der Systemkomponenten und so weiter), wird in sicherer Weise sichergestellt, dass die Drehwinkelwerte fortgesetzt exakt durch das Gerät gemessen werden können.

**[0024]** Bei den bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung umfasst das Gerät ein Gehäuse, in welchem eine Drehwelle drehbar montiert ist, einen Magneten und ein Paar von Magnetsensoren, wobei entweder der Magnet oder das Paar der Magnetsensoren für eine Drehung an der Drehwelle angebracht ist bzw. sind und der andere fest an dem Gehäuse an-

gebracht ist und wobei die Magnetsensoren auf der Drehachse der Drehwelle gelegen sind. Das Gerät enthält ferner einen Mechanismus wie beispielsweise einen Schneckenmechanismus, um eine relativ lineare Bewegung zwischen dem Magneten und dem Paar der Magnetsensoren zu erzeugen, wobei die Bewegung entlang der Drehachse gerichtet ist und in Einklang mit der Drehung der Drehwelle auftritt. Der Magnet besitzt eine innere Fläche mit einem kreisförmigen Umfang, der konzentrisch zur Drehachse ist und der sich sukzessiv im Durchmesser vergrößert und zwar über einen axialen Abstand hinweg entsprechend einem vorbestimmten Bereich der relativen linearen Bewegung. Der Magnet ist so konfiguriert, dass er einen Magnetfluss zwischen diametral gegenüberliegenden Seiten der Innenfläche erzeugt und zwar in einer Richtung in rechten Winkeln zur Drehachse. Der erste Magnetsensor und der zweite Magnetsensor erzeugen jeweils ein erstes bzw. zweites Sensorsignal, welche die X-Richtung bzw. Y-Richtung der Magnetflusskomponenten ausdrücken, wobei die X-Richtung und die Y-Richtung in rechten Winkeln zueinander orientiert sind und auch zu der Drehachse orientiert sind.

**[0025]** Die Verarbeitungsschaltung leitet den ersten Berechnungsbetrag als Länge eines Magnetflussvektors ab, der als mittlere Quadratwurzel der Magnetflusswerte  $B_x$  und  $B_y$  berechnet wird (ausgedrückt durch das erste und das zweite Sensorsignal) und leitet den zweiten Berechnungswert als ein Winkelwert basierend auf dem  $\arctan B_y/B_x$  ab.

#### Figurenliste

**Fig. 1** zeigt konzeptmäßig eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform eines Drehwinkel-Detektorgerätes und zwar verlaufend durch die Achse einer Magnet-Rotorwelle hindurch;

**Fig. 2** zeigt eine Draufsicht, welche die Konfiguration eines Magneten und eines Magnet-Sensorabschnitts bei der Ausführungsform von **Fig. 1** veranschaulicht;

**Fig. 3** ist ein Zeitsteuerdiagramm, welches Wellenformen der X-Richtungs- und X-Richtungs-Magnetfluss-Detektionssignale darstellt, die durch das Gerät gemäß **Fig. 1** erzeugt werden;

**Fig. 4** veranschaulicht Beziehungen zwischen den Drehwinkeln des Magneten in dem Gerät von **Fig. 1** und den Drehwinkeln, die basierend auf den Magnetfluss-Detektionssignalen abgeleitet werden;

**Fig. 5** ist ein Flussdiagramm gemäß einer Verarbeitung, die bei der ersten Ausführungsform ausgeführt wird, basierend auf dem Gerät von **Fig. 1**, um einen Drehwinkel aus den Magnetfluss-Detektionssignalen abzuleiten;

**Fig. 6** zeigt Einzelheiten eines Schrittes bei der Verarbeitung gemäß **Fig. 5**;

**Fig. 7** ist ein Flussdiagramm einer Verarbeitung, die bei einer zweiten Ausführungsform durchgeführt wird, um einen Drehwinkel abzuleiten, wobei eine erste Form einer Fehlerkompensation zur Anwendung gebracht wird;

**Fig. 8A, Fig. 8B** zeigen Teil-Flussdiagramme, welche Einzelheiten der Schritte bei der Verarbeitung gemäß **Fig. 3** wiedergeben;

**Fig. 9** ist ein Teil-Flussdiagramm, welches Einzelheiten einer ersten alternativen Form eines Schrittes bei der Verarbeitungssequenz von **Fig. 7** zeigt;

**Fig. 10** zeigt Einzelheiten einer zweiten alternativen Form eines Schrittes in der Verarbeitungssequenz von **Fig. 7**;

**Fig. 11** ist ein Flussdiagramm der Verarbeitung, die durch eine dritte Ausführungsform ausgeführt wird, um einen Drehwinkel abzuleiten, wobei eine zweite Form einer Fehlerkompensation zur Anwendung gelangt;

**Fig. 12** ist ein allgemeines System-Blockschaltbild, welches eine Grund-Schaltungskonfiguration der ersten Ausführungsform wiedergibt; und

**Fig. 13** zeigt ein allgemeines System-Blockschaltbild, welches die Grund-Schaltungskonfiguration der zweiten und der dritten Ausführungsform darstellt.

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

##### Erste Ausführungsform

**[0026]** **Fig. 1** ist eine konzeptmäßige Querschnittsansicht, welche mechanische Komponenten der ersten Ausführungsform zeigt und zwar von einem Drehwinkel-Detektorgerät. Diese mechanische Konfiguration ist gemeinsam für die jeweiligen Ausführungsformen vorhanden, die im Folgenden beschrieben werden. Die Konfiguration umfasst ein drehbares Joch **3**, wobei die Querschnittsansicht von **Fig. 1** in einer Ebene verläuft, die mit der Drehachse des Joches **3** koinzidiert. **Fig. 2** ist eine Draufsicht auf das Joch **3** und die zugeordneten Komponenten.

**[0027]** Das Gerät dient dazu Beträge der Winkeldrehung einer Lenkwelle **9** eines Fahrzeugs zu detektieren. Spezifischer ausgedrückt misst das Gerät Grade der Winkelverschiebung der Lenkwelle **9** von einer Bezugswinkelposition aus. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass das Gerät in gleicher Weise auch dafür eingesetzt werden kann, um Beträge eines Drehwinkels von anderen Typen einer Drehwelle zu detektieren, die sich drehen können und zwar über eine

begrenzte Anzahl von Drehungen von einer Bezugswinkelposition aus.

**[0028]** Das Joch **3** ist fest an (oder ist zusammenhängend oder einstückig mit) einer Magnet-Rotorwelle **2** verbunden bzw. an dieser angebracht, die ein umfangsmäßig ausgebildetes Schraubengewinde **5** aufweist. Ein Gehäuse **1**, welches das Joch **3** aufnimmt, und auch andere Komponenten aufnimmt, umfasst ein konisch ausgebildetes Teil **6**, welches darin fest angebracht ist und welches mit einem konischen Loch ausgestattet ist, in welchem ein Schraubengewinde vorhanden ist entsprechend dem Schraubengewinde **5** und mit einer Öffnung oder einem Hohlraum, der in dem Gehäuse **1** ausgebildet ist und sich unterhalb von dem unteren Ende des konischen Loches in dem konisch ausgebildeten Teil **6** erstreckt. Das Schraubengewinde **5** des Joches **3** greift in das Loch des konisch ausgebildeten Teiles **6** ein, so dass das Joch **3** dadurch drehbar innerhalb von dem Gehäuse **1** gehalten wird und auch seiner Drehachse bewegt werden kann und zwar als ein Ergebnis der Drehung desselben.

**[0029]** Das Joch **3** ist als Flansch gestaltet und besitzt einen Magneten **4**, der in der gezeigten Weise daran fest angebracht ist. Der Magnet **4** besitzt eine grundlegend ringförmige Form und besitzt eine innere Fläche mit einem kreisförmigen Umfang, die koaxial zur Drehachse des Joches **3** verläuft und die entlang der Richtung der Drehachse des Joches **3** konisch ausgebildet ist, das heißt deren Durchmesser nimmt sukzessive entlang der axialen Richtung zu (das heißt von einer unteren Seite zu einer oberen Seite des Magneten **4** hin, wenn man wie in **Fig. 1** blickt).

**[0030]** Eine Magnet-Sensoreinheit **7** ist innerhalb des Umfangs der Innenfläche des Joches **3** gelegen und wird ortsfest an einer Position auf einer Linie festgehalten, die mit der Drehachse des Joches **3** koinzidiert (als Achse **M** bezeichnet), um Schwankungen in der Magnetflussdichte des Magneten **4** zu detektieren, wenn sich dieser dreht. Die Magnet-Sensoreinheit **7** wird durch eine Halterungsstange **12** festgehalten, die an einer Schaltungsplatine **13** angebracht ist. Die Schaltungsplatine **13** ist fest in Bezug auf das Gehäuse **1** angebracht und hält einen Signalverarbeitungsabschnitt **8**, um Ausgangssignale zu verarbeiten, die von der Magnet-Sensoreinheit **7** erzeugt werden, wie dies noch weiter unten mehr in Einzelheiten beschrieben werden soll.

**[0031]** Die äußere Umfangsfläche des Joches **3** ist mit Zahnradzähnen **11** ausgestattet, die mit den Zähnen eines Zahnrades **10** kämmen, welches fest und koaxial auf der Lenkwelle **9** montiert ist.

**[0032]** Im Folgenden wird die Kombination aus dem konischen Teil **6** und dem Schraubengewinde **5** der

Magnet-Rotorwelle **2** als Schneckenmechanismus bezeichnet, welcher das Joch **3** entlang von dessen Drehachse bewegt. Die Kombination aus den Zahnradern **10** und **11** wird im Folgenden auch als Getriebemechanismus bezeichnet. Das Zahnradverhältnis oder Übersetzungsverhältnis des Zahnradmechanismus sei angenommenermaßen 2:1 bei dieser Ausführungsform. Der Schneckenmechanismus ist in solcher Weise konfiguriert, dass dann, wenn das Joch **3** eine vollständige Umdrehung ausführt, dieses entlang der axialen Richtung um eine vorbestimmte Strecke, zum Beispiel 0,5 mm, verschoben wird.

**[0033]** Die Magnet-Rotorwelle **2**, das Joch **3**, der Magnet **4**, das Schraubengewinde **5** und das Zahnrad **11** werden kollektiv als Magnet-Drehanordnung bezeichnet. Das Joch **3** ist aus einem magnetischen Material hergestellt und dient dazu die Magnetflussdichte des Magneten **4** an Stellen der Magnetsensoren (die im Folgenden noch beschrieben werden) der Magnetsensoreinheit **7** zu erhöhen und um auch eine Abschirmung gegen das Eindringen von externen Magnetfeldern in die Magnet-Sensoreinheit **7** zu erreichen.

**[0034]** Wenn man eine Ebene bezeichnet, die in rechten Winkeln zur Drehachse des Joches **3** verläuft und diese als X-Y-Ebene definiert, wobei die X- und Y-Richtungen dieser Ebene orthogonal verlaufen, wie dies in **Fig. 2** veranschaulicht ist, so wird der Magnet **4** entlang einer einzigen Richtung, parallel zu dieser X-Y-Ebene magnetisiert. Somit kann das Joch **3** beispielsweise zu einer Position gedreht werden, in welcher die Magnetisierungsrichtung so verläuft, wie in **Fig. 2** gezeigt ist, das heißt in solcher Weise, dass der Magnetfluss des Magneten **4** auf die Magnet-Sensoreinheit **7** entlang der X-Richtung trifft. Bei irgendeinem bestimmten Drehwinkel des Magneten **4** kann die Vektorlänge der Magnetflussdichte **B** in Form einer Kombination einer X-Richtungs-Magnetflussdichte bzw. Komponente  $B_x$  und in Form einer Y-Richtungs-Magnetflussdichte bzw. Komponente  $B_y$  ausgedrückt werden, das heißt mit einer Vektorlänge, die aus der mittleren quadratischen Wurzel der Werte  $B_x$  und  $B_y$  besteht, wie in **Fig. 2** gezeigt ist.

**[0035]** Die Magnet-Sensoreinheit **7** enthält einen Halbleiterchip, der Hall-Effekt-Sensorelemente und Pufferschaltungen enthält. Die Pufferschaltungen empfangen die jeweiligen Ausgangssignale von den Hall-Effekt-Sensorelementen und schicken diese zu dem Signalverarbeitungsabschnitt **8** in Form von Sensorsignalen  $V_x$  bzw.  $V_y$ . Eines der Hall-Effekt-Sensorelemente ist auf der zuvor erwähnten Drehachse **M** gelegen und ist entlang der X-Achse gemäß der Darstellung in **Fig. 2** orientiert und dient dazu das Sensorsignal  $V_x$  abzuleiten, dessen Spannung in Einklang mit dem Wert der X-Richtungs-Magnetflussdichte bzw. Komponente  $B_x$  variiert. Das andere Hall-Effekt-Sensorelement ist auf der Drehachse **M**

gelegen und ist entlang der Y-Achse gemäß der Darstellung in **Fig. 2** orientiert und dient dazu das Sensorsignal  $V_y$  abzuleiten, dessen Spannung in Übereinstimmung mit dem Wert der Y-Richtungs-Magnetflussdichte bzw. Komponente  $B_y$  variiert.

**[0036]** **Fig. 3** zeigt die Wellenformen der Sensorsignale  $V_x$  und  $V_y$ . Wie in **Fig. 3** gezeigt ist, wird bei dieser Ausführungsform angenommen, dass der Winkelbereich, für welchen eine Messung durchgeführt werden kann, sich von  $-720^\circ$  bis  $+720^\circ$  des Drehwinkels  $\theta_s$  der Lenkwelle **9** erstreckt, das heißt über zwei komplette Drehungen der Lenkwelle **9** in einer ersten Richtung und zwei komplette Drehungen in der entgegengesetzten Richtung und zwar von der Bezugsposition gemäß  $0^\circ$ . Daher beträgt bei dem Zahnradübersetzungsverhältnis zwischen dem Zahnrad **10** und dem Joch **3**, welches oben beschrieben wurde, der vollständige Winkelbereich der Messung  $-1400^\circ$  bis  $+1440^\circ$  der Variation des Drehwinkels des Magneten **4**, der im Folgenden auch als Eingangswinkel  $\theta_i$  bezeichnet wird.

**[0037]** Die allgemeine Schaltungskonfiguration dieser Ausführungsform ist in Form eines Blockschaltbildes in **Fig. 12** gezeigt. Die X-Richtungs- und Y-Richtungs-Hall-Effekt-Sensorelemente sind jeweils mit den Bezugszeichen **20** und **21** versehen und sind mit den jeweiligen Pufferschaltungen **18** und **19** gekoppelt, wobei ein entsprechendes X-Richtungs-Sensorsignal  $V_x$  (dessen Spannungspegel die Größe der X-Richtungs-Magnetflussdichte-Komponente  $B_x$  ausdrückt, wie weiter oben beschrieben wurde) und das Y-Richtungs-Fluss-Sensorsignal  $V_y$  (dessen Spannungspegel die Größe der Y-Richtungs-Magnetflussdichte-Komponente  $B_y$  ausdrückt) dadurch aus den Ausgangsgrößen der Elemente **20** bzw. **21** abgeleitet werden können.

**[0038]** Diese Signale  $V_x$ ,  $V_y$  werden dem Signalverarbeitungsabschnitt **8** eingespeist, dessen Operation auf einer CPU (zentrale Prozessoreinheit) **22** basiert, die eine Verarbeitung durchführt und zwar unter Verwendung von Daten (Werte für Konstante, die bei den Berechnungen verwendet werden und so weiter), die im Voraus in einem ROM (Nur-Lese-Speicher) **23** abgespeichert wurden.

#### Berechnung von Winkelwerten

**[0039]** Die Operationen, die zum Berechnen der Winkelwerte durchgeführt werden und zwar in Verbindung mit den folgenden Ausführungsformen, werden nachfolgend beschrieben.

**[0040]** Aufgrund der Tatsache, dass die innere Umfangsfläche des Magneten **4** mit einer konischen Gestalt geformt ist und zwar entlang der axialen Richtung, wie dies weiter oben beschrieben wurde und auch in der Querschnittsansicht von **Fig. 1** gezeigt ist,

wird der Magnet **4**, wenn dieser in einer Richtung gedreht wird, in der Abwärtsrichtung verschoben (wenn man wie in **Fig. 1** blickt) und zwar aufgrund der Wirkung des Schneckenmechanismus. Dies führt zu einer Reduzierung der Länge des Magnetvektors der Magnetflussdichte  $B$ , die auf die Magnet-Sensoreinheit **7** auftrifft. Umgekehrt, wenn sich der Magnet **4** in der entgegengesetzten Richtung dreht, wird dieser in der Aufwärtsrichtung verschoben (wenn man wie in **Fig. 1** blickt), wodurch dann die Länge des Magnetvektors vergrößert wird.

**[0041]** Damit sind bei einer X-Richtung und einer Y-Richtung, die in der oben erläuterten Weise definiert sind und zwar entsprechend **Fig. 2**, und wenn die X-Achse dem Bezugswert (**0!**) des Drehwinkels des Magneten **4** entspricht (Eingangsdrehwinkel  $\theta_i$ ), die Größen der X-Richtungs-Magnetflussdichte-Komponente  $B_x$  und der Y-Richtungs-Magnetflussdichte-Komponente  $B_y$ , die auf die Magnet-Sensoreinheit **7** wirken, wie folgt:

$$B_x = f(\theta_i) \cdot \cos\theta_i$$

$$B_y = f(\theta_i) \cdot \sin\theta_i.$$

**[0042]** Hierbei ist  $f(\theta_i)$  eine Funktion, welche die Länge des Magnetvektors der Flussdichte  $B$  an der Stelle der Magnet-Sensoreinheit **7** ausdrückt, wobei die Vektorlänge Monoton variiert, wenn der Magnet **4** entlang der Richtung von dessen Drehachse verschoben wird. Die Form der Funktion  $f(\theta_i)$  hängt von solchen Faktoren ab wie beispielsweise der Konfiguration des Magneten **4** und des Joches **3**, den Typen der Materialien, die für diese verwendet werden, und so weiter. Der Wert der Magnetvektorenlänge wird im Folgenden als erster Berechnungsbetrag  $\theta_1$  bezeichnet.

**[0043]** In dem ROM **23** des Signalverarbeitungsabschnitts **8** sind im Voraus Daten gespeichert, die  $f(\theta_i)$  ausdrücken, das heißt die Beziehung zwischen relativen (idealen) Werten des ersten Berechnungsbetrages  $\theta_1$  und entsprechenden Werten des Eingangsdrehwinkels  $\theta_i$ , wie dies im Folgenden noch beschrieben wird.

**[0044]** Es sei darauf hingewiesen, dass die Erfindung nicht auf die Verwendung der Werte der Magnetvektorenlänge als erster Berechnungsbetrag  $\theta_1$  beschränkt ist. Es ist in äquivalenter Weise nämlich möglich einige andere Parameter abzuleiten, die monoton variieren, wenn der Eingangsdrehwinkel variiert und zwar über einen erforderlichen Bereich von Werten.

**[0045]** Der Signalverarbeitungsabschnitt **8** berechnet den mittleren Quadratwurzelwert der X-Richtungs-Magnetflussdichte-Komponente  $B_x$  und der

Y-Richtungs-Magnetflussdichte-Komponente  $B_y$ , wie dies in **Fig. 2** veranschaulicht ist (spezifischer ausgedrückt durch eine Operation an den Werten der Sensorsignale  $V_x$ ,  $V_y$ , die jeweils die Werte von  $B_x$  und  $B_y$  ausdrücken), um die Vektorlänge der Magnetflussdichte  $B$  als erste Berechnungsbetrag  $\theta_1$  zu erhalten.

**[0046]** Der Signalverarbeitungsabschnitt **8** führt auch eine Verarbeitung durch, um den umgekehrten Tangenswert (arctan) des Verhältnisses aus der Y-Richtungs-Magnetflussdichte-Komponente  $B_y$  zu der X-Richtungs-Magnetflussdichte-Komponente  $B_x$  zu berechnen (wiederum durch die jeweiligen Werte der Signale  $V_x$ ,  $V_y$ ) wiedergegeben, das heißt:

$$\theta_2 = \arctan(B_y / B_x).$$

**[0047]** Um die Beschreibung einfach zu halten werden die Werte, die für  $\theta_2$  aus der umgekehrten Tangensberechnung erhalten werden, in einem Bereich von  $-180^\circ$  bis  $+180^\circ$  ausgedrückt.  $\theta_2$  wird dann als zweiter Berechnungsbetrag bezeichnet und wird dazu verwendet, um die Winkelposition des Magneten **4** innerhalb eines Bereiches von weniger als  $360^\circ$  zu spezifizieren. Der Wert von  $\theta_2$  ist Null (das Zentrum von dessen Bereich), wenn der Eingangswinkel  $\theta_i$   $0^\circ$  erreicht oder ein Vielfaches von  $360^\circ$  erreicht.

**[0048]** Der gemessene Drehwinkel des Magneten **4**, der durch die Vorrichtung erhalten werden kann, wird im Folgenden als Ausgangswinkelwert  $\theta_0$  bezeichnet (das heißt der gemessene Betrag der Drehung des Magneten **4** von der zuvor erwähnten Bezugsposition von  $0^\circ$ ). Es kann damit der entsprechende Drehwinkel der Lenkwelle **9** als  $\theta_0/2$  bei dieser Ausführungsform erhalten werden.

**[0049]** **Fig. 4** veranschaulicht graphisch die Beziehungen zwischen den Werten des ersten Berechnungsbetrages  $\theta_1$  und der Zahl  $N$  der vollständigen Umdrehungen des Magneten **4**, zwischen den Werten des zweiten Berechnungsbetrages  $\theta_2$  und dem Eingangsdrehwinkel  $\theta_i$ , und zwischen dem Ausgangswinkelwert  $\theta_0$  und dem Eingangsdrehwinkel  $\theta_i$ . Um die Zeichnung einfach zu halten, ist lediglich der zentrale Bereich von  $-720^\circ$  bis  $+720^\circ$  gezeigt.

**[0050]** Es sei nun bei dieser Ausführungsform angenommen, dass ein Wertebereich des ersten Berechnungsbetrages  $\theta_1$  zwischen 10 bis 20 liegt entsprechend dem Bereich von  $-720^\circ$  bis  $+720^\circ$  des Eingangsdrehwinkels  $\theta_i$ , und dass dann, wenn  $\theta_1$  aus einem idealen Wert  $\theta_{1r}$  besteht (das heißt frei ist von einem Fehler), die folgende Beziehung gilt:

$$\theta_i = (\theta_{1r} - 15) \cdot 144.$$

**[0051]** Damit leitet das Gerät einen Ausgangsdrehwinkelwert  $\theta_0$  ab, der exakt als identisch mit dem aktuellen Eingangsdrehwinkel  $\theta_i$  betrachtet werden kann, es kann dann  $\theta_0$  in den äquivalenten idealen Wert  $\theta_{1r}$  des ersten Berechnungsbetrages  $\theta_1$  umgewandelt werden und zwar in den gleichen Einheiten wie  $\theta_1$ , indem man die folgende Skalierungsberechnung durchführt:

$$\theta_{1r} = \theta_0 / 144 + 15.$$

**[0052]** Die Beziehungswerte (**15**, **144**) für die Verwendung bei der oben erläuterten Berechnung werden im Voraus in dem ROM **23** gespeichert, um sie auszulesen, wenn dies erforderlich wird.

**[0053]** Es sei darauf hingewiesen, dass es in äquivalenter Weise auch möglich ist die Werte von  $\theta_{1r}$  zu speichern und auch die entsprechenden Werte von  $\theta_i$  und zwar im Voraus in dem ROM, in Form eines Datenplanes und dann die gespeicherten Daten dazu zu verwenden, um die oben erläuterten Umsetzungen oder Umwandlungen durchzuführen.

**[0054]** Bei dieser Ausführungsform, wie sie in **Fig. 4** veranschaulicht ist, ändert sich mit der Änderung des zweiten Berechnungsbetrages  $\theta_2$  von seinem minimalen (meist negativen) Wert zu dem maximalen (meist positiven) Wert der Eingangswinkel  $\theta_i$  um  $180^\circ$ . Bezeichnet man „eine Variationsperiode“ von  $\theta_2$  als eine Änderung von deren Minimalwert ( $-180^\circ$ ) zu deren Maximalwert ( $+180^\circ$ ), ändert sich die Zahl der Variationsperioden von  $\theta_2$  entsprechend einer  $360^\circ$ -Änderung in dem Eingangswinkel  $\theta_i$ , welche Zahl im Folgenden dann als  $k$  bezeichnet wird.

**[0055]** Der Änderungsbetrag in dem ersten Berechnungsbetrag  $\theta_1$ , welcher der Variationsperiode des zweiten Berechnungsbetrages  $\theta_2$  entspricht, sei im Folgenden als  $\alpha$  bezeichnet. Bei dieser Ausführungsform ist das Gerät so konfiguriert, dass für jeden Wert des ersten Berechnungsbetrages  $\theta_1$ , der abgeleitet wird, der Betrag der Abweichung von  $\theta_1$  (das heißt von dem idealen Wert) innerhalb des Bereiches von  $-\alpha/2$  bis  $+\alpha/2$  liegt. Als ein Ergebnis kann der erhaltene Wert von  $\theta_1$  in Verbindung mit dem Winkeldrehbetrag verwendet werden, der durch  $\theta_2$  ausgedrückt ist, um in exakter Weise die gesamte Zahl  $N$  der Umdrehungen des Magneten **4** zu erhalten, das heißt aufeinanderfolgende  $360^\circ$ -Winkelverschiebungen von der zentralen Bezugsposition ( $0^\circ$ ) aus, in dem Bereich von  $-720^\circ$  bis  $+720^\circ$ . Der Ausgangswinkelwert  $\theta_0$  kann dadurch erhalten werden, indem man den Winkelwert, der durch  $N$  repräsentiert wird zu dem Drehbetrag, der durch  $\theta_2$  wiedergegeben wird (das heißt  $\theta_2/k$ ) zu dem Ergebnis addiert. (Wenn  $\theta_2$  als ein arctan-Wert in dem Bereich von  $-90^\circ$  bis  $+90^\circ$  ausgedrückt wird, dann liegt der Drehbetrag, der durch  $\theta_2$  repräsentiert wird, bei  $\theta_2/k$  multipliziert mit 2).



**[0056]** Wenn somit beispielsweise der Wert von N als +1 erhalten wird, und  $\theta_2$  einen Winkelwert (Drehbetrag) von  $+55^\circ$  repräsentiert, wird der Ausgangswert  $\theta_0$  mit  $+415^\circ$  erhalten.

**[0057]** Es wird der Betrieb der Ausführungsform nun spezifischer unter Hinweis auf das Flussdiagramm von **Fig. 5** beschrieben, welche eine Verarbeitungsroutine zeigt, die wiederholt durch den Signalverarbeitungsabschnitt 8 ausgeführt wird.

**[0058]** Zuerst werden (bei dem Schritt S100) die kürzlichen Werte der oben beschriebenen Sensorsignale  $V_x$ ,  $V_y$  erworben und es werden die momentanen Werte des ersten Berechnungsbetrages  $\theta_1$  und des zweiten Berechnungsbetrages  $\theta_2$  berechnet und zwar basierend auf den Magnetflusswerten, die durch die Signale  $V_x$ ,  $V_y$  ausgedrückt werden (Schritt S102).

**[0059]** Die momentanen Werte von  $\theta_1$  und  $\theta_2$  werden dann dazu verwendet, um den Ausgangswinkel  $\theta$  zu berechnen (Schritt S107). Im Folgenden bezeichnet  $\beta$  den Wert des ersten Berechnungsbetrages  $\theta_1$ , wenn der Rotor **4** sich in der zuvor erwähnten Bezugsposition von  $0^\circ$  befindet (im Zentrum innerhalb des Bereiches von  $-720^\circ$  bis  $+720^\circ$ ). Dies kann anhand der zuvor erläuterten Beziehung zwischen den idealen Werten von  $\theta_1$  und dem Drehwinkel des Magneten **4** berechnet werden und kann im Voraus in dem ROM abgespeichert werden.

**[0060]** Zuerst wird dann ein Wert  $t$  als ein ganzzahliger Wert berechnet, indem die Ziffern unterhalb des Dezimalpunktes in dem Ergebnis abgerundet werden, welches anhand der folgenden Gleichung (1) erhalten wird.

$$t = (\theta_1 - \beta) / \alpha - (\theta_2 / 360) + \frac{1}{2} \quad (1)$$

**[0061]** Der exakte Wert von  $t$  wird gesichert, wenn der Fehlerbetrag in dem ersten Berechnungsbetrag  $\theta_1$  nicht die oben beschriebenen zulässigen Grenzen ( $-\alpha/2$  bis  $+\alpha/2$ ) überschreitet. Der Ausgangswinkelwert  $\theta_0$  wird dann mit Hilfe der folgenden Gleichung (2) erhalten:

$$\theta_0 = (360 \cdot t + \theta_2) / k \quad (2)$$

**[0062]** Wie aus dem oben Dargelegten ersehen werden kann, ist  $(t/k)$  eine ganze Zahl von Umdrehungen und der Ausgangswinkelwert  $\theta_0$  wird dadurch erhalten, indem man den Drehbetrag, der durch  $(t/k)$  wiedergegeben ist, zu demjenigen addiert, der durch  $\theta_2$  wiedergegeben wird (das heißt  $\theta_2/k$ ). Die Inhalte des Schrittes S107 sind in dem Teil-Flussdiagramm von **Fig. 6** gezeigt.

**[0063]** Der erhaltene Wert des Ausgangswinkels  $\theta_0$  wird dann ausgegeben (Schritt S112).

**[0064]** Es kann somit ersehen werden, dass mit dieser Ausführungsform ein Magnet-Verschiebemechanismus verwendet wird, um einen Magneten entlang seiner Drehachse zu bewegen, wenn der Magnet gedreht wird, und dass es diese Ausführungsform ermöglicht in exakter Weise die Drehwinkel zu detektieren, die größer sind als  $360^\circ$ , wobei eine Magnet-Anordnung verwendet wird, bei der lediglich ein einzelner Magnet erforderlich ist, der gedreht werden muss. Somit kann die mechanische Konfiguration einfach gehalten werden, so dass das Gerät kostengünstig in der Herstellung ausgeführt werden kann.

#### Zweite Ausführungsform

**[0065]** Bei der obigen Beschreibung ist angenommen, dass der berechnete Wert des ersten Berechnungsbetrages  $\theta_1$  (abgeleitet basierend auf dem detektierten Wert des Magnetflusses) direkt verwendet wird und zwar in Verbindung mit dem zweiten Berechnungsbetrag  $\theta_2$ , um den Ausgangswinkelwert  $\theta_0$  zu erhalten. Jedoch ist es in der Praxis, selbst dann, wenn der Fehlerbetrag in jedem berechneten Wert von  $\theta_1$  zu Beginn innerhalb des zuvor erläuterten zulässigen Bereiches ( $-\alpha/2$  bis  $+\alpha/2$ ) liegt, zum Beispiel innerhalb dieses Bereiches liegt, wenn das Gerät zu Beginn verwendet wird, möglich, dass der Betrag des Fehlers in den berechneten Werten von  $\theta_1$  eventuell diesen Bereich überschreiten kann. Dies kann durch Faktoren verursacht werden wie beispielsweise allmähliche Änderungen in den Eigenschaften der Schaltungskomponenten, Änderungen in der Betriebstemperatur des Gerätes und so weiter.

**[0066]** Es wird nun eine zweite Ausführungsform beschrieben, welche diese Möglichkeit eliminiert, indem eine Kompensation von jedem berechneten Wert von  $\theta_1$  zur Anwendung gebracht wird und zwar in solcher Weise, um sicherzustellen, dass (wenn der Anfangswert des Fehlerbetrages innerhalb des zuvor erläuterten zulässigen Bereiches liegt) irgendwelche nachfolgende allmähliche Zunahme in dem Fehler, selbst in einem Ausmaß, welches den zulässigen Bereich überschreitet, nicht in nachteiliger Weise die exakte Berechnung des Ausdrehwinkels  $\theta_0$  beeinflusst.

**[0067]** Eine andere Maßnahme als bei dieser Kompensation wird für Fehler in den Werten des ersten Berechnungsbetrages  $\theta_1$  angewendet, wobei ein wiederbeschreibbarer nichtflüchtiger Speicher zusätzlich in dem Signalverarbeitungsabschnitt **8** inkorporiert wird, der diesem Zweck dient, wobei die zweite Ausführungsform in ähnlicher Weise wie die erste Ausführungsform, die oben beschrieben wurde, konfiguriert ist und arbeitet. **Fig. 13** zeigt ein allgemeines System-Blockschaltbild der zweiten Ausführungsform, wobei der wiederbeschreibbare nicht-

flüchtige Speicher mit dem Bezugszeichen **24** versehen ist.

**[0068]** Die durch den Signalverarbeitungsabschnitt **8** dieser Ausführungsform ausgeführte Verarbeitung wird nun unter Hinweis auf das Flussdiagramm von **Fig. 7** beschrieben, welches die Grund-Operationssequenz darstellt, die wiederholt durch den Signalverarbeitungsabschnitt **8** ausgeführt wird.

**[0069]** Zuerst werden die kürzlichen Werte der X-Richtungs-Magnetflusskomponente  $B_x$  und der Y-Richtungs-Magnetflusskomponente, die durch die Magnet-Sensoreinheit **7** detektiert wurden, ausgedrückt durch die Sensorsignale  $V_x$ ,  $V_y$ , erworben (Schritt S100). Die jeweiligen Werte des ersten Berechnungsbetrages  $\theta_1$  und des zweiten Berechnungsbetrages werden in der oben beschriebenen Weise berechnet (Schritt S102).

**[0070]** Als nächstes wird der Fehlerbetrag  $\Delta\theta$  entsprechend dem Wert, der momentan für  $\theta_1$  erhalten wird (der an früherer Stelle in einem Datenplan in dem wiederbeschreibbaren nichtflüchtigen Speicher **24** gespeichert wurde, der mit diesem Wert von  $\theta_1$  verkettet ist) aus dem wiederbeschreibbaren nichtflüchtigen Speicher **24** ausgelesen (Schritt S104). Dieser Fehlerbetrag  $\Delta\theta$  wird dann zu  $\theta_1$  hinzuaddiert, um einen Kompensationswert von  $\theta_1$  zu erhalten, wobei dieser Kompensationswert mit  $\theta_1'$  bezeichnet ist (Schritt S108).

**[0071]** Es wird dann der Ausgangswinkelwert  $\theta_0$  (Drehgrade des Magneten **4** aus der Bezugs-Zentrumsposition von  $0^\circ$  in dem Bereich von  $-720^\circ$  bis  $+720^\circ$ ) unter Verwendung der Gleichungen (1) und (2), die oben erläutert wurden, berechnet und zwar in der gleichen Weise wie dies in Verbindung mit der ersten Ausführungsform beschrieben wurde, jedoch mit dem Kompensationswert  $\theta_1'$ , der anstelle des momentan erhaltenen Wertes von  $\theta_1$  verwendet wird (Schritt S110).

**[0072]** Auf diese Weise kann die Kompensation angewendet werden und zwar basierend auf dem vorangehend abgeleiteten Fehlerbetrag  $\Delta\theta$ , der aus dem wiederbeschreibbaren nichtflüchtigen Speicher **24** ausgelesen wurde, was die Möglichkeit schafft, den Winkelwert  $\theta_0$  exakt zu berechnen. Der erhaltene Wert  $\theta_0$  wird dann ausgegeben (Schritt S112).

**[0073]** Als nächstes (Schritt S114) wird der Fehlerbetrag  $\Delta\theta$  in dem momentan erhaltenen (das heißt unkompensierten) Wert von  $\theta_1$  basierend auf diesem Wert von  $\theta_1$  und dem berechneten Winkelwert  $\theta_0$  berechnet. Dieser neu berechnete Fehlerbetrag  $\Delta\theta$  wird dann als ein upgedateter Wert in dem Datenplan in dem wiederbeschreibbaren nichtflüchtigen Speicher **24** gespeichert, der mit dem momentan erhaltenen Wert von  $\theta_1$  verkettet ist (Schritt S116).

**[0074]** Wenn bei dieser Ausführungsform der Fehlerbetrag von jedem der möglichen Werte von  $\theta_1$  (das heißt zu dem Zeitpunkt des Beginns des Betriebes des Gerätes) nicht die weiter oben angeführten zulässigen Grenzen ( $-\alpha/2$  bis  $+\alpha/2$ ) überschreitet, wird selbst dann, wenn der Fehlerbetrag entsprechend irgendeinem spezifischen Wert des ersten berechneten Betrages  $\theta_1$  nachfolgend diese Grenzen überschreiten sollte, der gespeicherte Fehlerbetrag  $\Delta\theta$  entsprechend diesem Wert von  $\theta_1$  demzufolge an früherer Stelle auf den neuesten Stand gebracht. Somit kann der Ausgabewinkelwert  $\theta_0$  exakt erhalten werden, basierend auf dem kompensierten Wert  $\theta_1'$  und zwar selbst dann, wenn der Fehlerbetrag in dem ersten berechneten Betrag  $\theta_1$  in einem Ausmaß zugenommen hat, welches die zulässigen Grenzen überschreitet.

**[0075]** **Fig. 8A** zeigt Einzelheiten der Inhalte des Schrittes **S110** der Verarbeitungssequenz von **Fig. 7**. Zuerst werden (Schritt **S110a**) die Werte der weiter oben genannten Konstanten  $\beta$ ,  $\alpha$  und  $k$  aus dem wiederbeschreibbaren nichtflüchtigen Speicher **24** ausgelesen. Als nächstes (Schritt S110b) werden diese Konstanten verwendet und zwar zusammen mit dem momentan kompensierten Wert  $\theta_1'$  und dem momentan erhaltenen Wert  $\theta_2$ , und zwar in den Gleichungen (1) und (2), die oben beschrieben wurden (wobei  $\theta_1'$  anstelle von  $\theta_1$  verwendet wird), um den Ausgangswinkelwert  $\theta_0$  zu berechnen.

**[0076]** **Fig. 8B** zeigt Einzelheiten der Inhalte des Schrittes **S114** der Verarbeitungssequenz von **Fig. 7**. Zuerst wird (Schritt **S114a**) der Winkelwert, der für  $\theta_0$  erhalten worden ist (das heißt eine Anzahl oder Nummer innerhalb des Bereiches von  $-760$  bis  $+760$ ) in eine entsprechende Zahl innerhalb des Bereiches der Werte von  $\theta_1$  konvertiert, das heißt wird auf einen entsprechenden idealen Wert  $\theta_{1r}$  konvertiert und zwar durch die oben beschriebene Skalier-Berechnung. Als nächstes (Schritt S114b) wird ein upgedateter Fehlerbetrag  $\Delta\theta$  in Form einer Differenz zwischen  $\theta_{1r}$  und dem momentan erhaltenen Wert von  $\theta_1$  erhalten.

**[0077]** Bei dem oben beschriebenen Vorgang wurde zum Zwecke der Vereinfachung der Beschreibung angenommen, dass bei jeder Gelegenheit, wenn der Schritt **S104** von **Fig. 7** ausgeführt wird, ein entsprechender Wert des Fehlerbetrages  $\Delta\theta$  an früherer Stelle in dem wiederbeschreibbaren nichtflüchtigen Speicher **24** gespeichert worden ist und somit auch ausgelesen werden kann. Wenn jedoch das Gerät zu Beginn mit seinem Betrieb anfängt, ist dies noch nicht der Fall. **Fig. 9** zeigt ein Teil-Flussdiagramm, welches Einzelheiten der Inhalte des Schrittes **S104** wiedergibt. Zuerst (Schritt S104a) wird eine Entscheidung getroffen, ob ein entsprechender Wert des Fehlerbetrages  $\Delta\theta$  an früherer Stelle in dem wiederbeschreibbaren nichtflüchtigen Speicher **24** gespeichert wor-

den ist. Wenn die Entscheidung JA lautet, dann wird der entsprechende Wert ausgelesen (Schritt **S104b**) und es wird dann der Schritt **S108** ausgeführt. Wenn die Entscheidung NEIN lautet, wird  $\Delta\theta$  auf einen Fehlerwert gesetzt zum Beispiel Null (Schritt **S104c**), bevor der Schritt **S108** ausgeführt wird.

**[0078]** Alternativ können die Inhalte des Schrittes S104 auch in dem Teil-Flussdiagramm von **Fig. 10** gezeigt werden. Wenn in diesem Fall bei dem Schritt **S104a** beurteilt wird, dass ein entsprechender Wert des Fehlers  $\Delta\theta$  noch nicht gespeichert worden ist, wird eine Entscheidung getroffen (Schritt **S104d**), ob die Werte des Fehlers  $\Delta\theta$  bereits gespeichert worden sind, die jeweils den Werten  $\theta_1$  unmittelbar benachbart zu dem momentan erhaltenen Wert von  $\theta_1$  entsprechen. Wenn beispielsweise dieser momentan erhaltene Wert von  $\theta_1$  bei 15 liegt und angenommen wird, dass die möglichen Werte von  $\theta_1$  beschränkt sind auf diskrete Werte von 10, 11, 12, und so weiter, wird eine Entscheidung getroffen, ob die Werte des Fehlers  $\Delta\theta$  bereits gespeichert worden sind, die jeweils  $\theta_1$  mit den Werten **14** und **16** entsprechen.

**[0079]** Wenn die Entscheidung JA lautet, wird der Schritt **S104e** ausgeführt, bei dem ein Wert des Fehlers  $\Delta\theta$  entsprechend dem momentan erhaltenen Wert von  $\theta_1$  durch Interpolation der  $\Delta\theta$ -Werte berechnet wird, entsprechend den unmittelbar benachbarten Werten von  $\theta_1$ . Dieser interpolierte Wert wird dann bei dem Schritt S108 verwendet. Wenn die Entscheidung bei dem Schritt **S104d** NEIN lautet, wird  $\Delta\theta$  auf einen Fehlerwert gesetzt, zum Beispiel Null (Schritt **S104c**), bevor der Schritt S108 ausgeführt wird.

**[0080]** Bei der oben erläuterten Ausführungsform führt der Signalverarbeitungsabschnitt **8** auch eine Verarbeitung durch (in den Zeichnungen gezeigt), wobei bei der ersten Gelegenheit, dass ein Fehlerbetrag  $\Delta\theta$  für einen spezifischen Wert von  $\theta_1$  abgeleitet wird (bei dem Schritt **S102**) Adressenstellen zum Speichern dieses Wertes von  $\theta_1$  und des entsprechenden Fehlerbetrages in den wiederbeschreibbaren nichtflüchtigen Speicher **24** in dem Datenplan in dem wiederbeschreibbaren nichtflüchtigen Speicher **24** zugeordnet werden und auch Informationen über die Adressenzuordnungen in dem wiederbeschreibbaren nichtflüchtigen Speicher **24** gespeichert werden. Auf diese Weise stehen Informationen für die Verwendung bei dem auszuführenden Schritt **S104** von **Fig. 7** in der oben beschriebenen Weise zur Verfügung.

**[0081]** Bei der obigen Beschreibung wird der Fehlerbetrag  $\Delta\theta$  zu dem erhaltenen Wert des ersten Berechnungsbetrages  $\theta_1$  hinzuaddiert, um den kompensierten Wert  $\theta_1'$  zu erhalten (zum Beispiel bei dem Schritt **S108** von **Fig. 7**). Es ist jedoch ebenso oder in äquivalenter Weise möglich den Fehlerbetrag

in dem unkompensierten Wert  $\theta_1$  als ein Fehlerverhältnis  $R$  auszudrücken, welches als Verhältnis aus dem idealen Wert  $\theta_{1r}$  zu dem unkompensierten Wert von  $\theta_1$  berechnet wird. In diesem Fall wird dann das Fehlerverhältnis  $R$  in dem Datenplan gespeichert, der mit demjenigen entsprechend dem Wert von  $\theta_1$  verkettet ist und zwar in der gleichen Weise, wie dies für den Fehlerbetrag  $\Delta\theta$  beschrieben wurde und auch für den kompensierten Wert  $\theta_1'$ , der dann berechnet wird (zum Beispiel bei dem Schritt **S108** von **Fig. 7**) und zwar als Produkt ( $R \cdot \theta_1$ ).

### Dritte Ausführungsform

**[0082]** Bei dem Kompensationsverfahren gemäß der zweiten oben beschriebenen Ausführungsform wird jedes Mal, wenn die Verarbeitungssequenz ausgeführt wird, um neue Werte des ersten Berechnungsbetrages  $\theta_1$  zu erlangen und auch von dem zweiten berechneten Betrag  $\theta_2$  zu erlangen, ein kompensierter Wert  $\theta_1'$  des ersten Berechnungsbetrages  $\theta_1$  abgeleitet und wird bei der Berechnung eines auf den neuesten Stand gebrachten Wertes des entsprechenden Fehlerbetrages  $\Delta\theta$  verwendet. Wenn jedoch in der Praxis der Fehlerbetrag unterhalb eines vorbestimmten Schwellenwertes für einige Werte von  $\theta_1$  liegt, kann es auch möglich sein, die Verarbeitung zum Berechnen des kompensierten Wertes  $\theta_1'$  wegzulassen.

**[0083]** **Fig. 11** ist ein Flussdiagramm der Verarbeitung, die bei der dritten Ausführungsform ausgeführt wird, die eine modifizierte Form der oben beschriebenen zweiten Ausführungsform darstellt. Wie dargestellt ist, unterscheidet sich diese von dem Flussdiagramm der **Fig. 7** für die zweite Ausführungsform durch den Zusatz von:

- (a) einen Beurteilungsschritt **S106**, bei dem eine Entscheidung getroffen wird, ob die absolute Größe des (gespeicherten) Fehlerbetrages entsprechend dem momentan erhaltenen Wert von  $\theta_1$  den weiter oben beschriebenen Schwellenwert überschreitet, und
- (b) einen Verarbeitungsschritt **S107**, bei dem der Wert des Ausgangswinkelwertes  $\theta_0$  berechnet wird und zwar unter Verwendung des momentan erhaltenen Wertes von  $\theta_1$  direkt (wie bei der ersten Ausführungsform) in Verbindung mit dem zweiten Berechnungswert oder Berechnungsbetrag  $\theta_2$ .

**[0084]** Lediglich die Merkmale des Unterschiedes bei der Verarbeitung von **Fig. 7** werden im Folgenden beschrieben.

**[0085]** Bei dieser Ausführungsform wird bei dem Schritt **S106** von **Fig. 11** eine Entscheidung getroffen, ob der absolute Wert des entsprechenden an früherer Stelle gespeicherten Fehlerbetrages  $\Delta\theta$  den vor-

bestimmten Schwellenwert überschreitet. Wenn der absolute Wert von  $\Delta\theta$  den Schwellenwert überschreitet, wird die Verarbeitung der Schritte **S108, S110** (die weiter oben für **Fig. 7** beschrieben wurden) ausgeführt, um den Ausgangswinkelwert  $\theta_0$  zu berechnen und zwar unter Verwendung des kompensierten Wertes  $\theta_1'$  des ersten Berechnungsbetrages  $\theta_1$ .

**[0086]** Wenn jedoch bei dem Schritt **S106** beurteilt wird, dass der absolute Wert des entsprechenden an früherer Stelle gespeicherten Fehlerbetrages  $\Delta\theta$  den vorbestimmten Schwellenwert nicht überschreitet, wird der Schritt **S107** ausgeführt, bei dem der momentan erhaltene Wert des ersten Berechnungsbetrages  $\theta_1$  direkt bei der Berechnung des Ausgangswinkelwertes  $\theta_0$  verwendet wird, wie dies bei der ersten Ausführungsform der Fall ist.

**[0087]** Auf diese Weise wird es möglich den Aufwand der Berechnungsverarbeitung zu reduzieren, die durch den Signalverarbeitungsabschnitt **8** ausgeführt werden muss.

**[0088]** Es ist auch in der gleichen Weise, wie dies für die zweite Ausführungsform beschrieben wurde, möglich ein Fehlerverhältnis  $R$  anstelle des Fehlerwertes  $\Delta\theta$  bei dieser Ausführungsform zu verwenden. Alternativ ist es in äquivalenter Weise möglich eine Kompensation von  $\theta_1$  durchzuführen und zwar durch Anwenden einer ersten Stufe einer Kompensation, bei der der Fehlerbetrag  $\Delta\theta$  verwendet wird, dann eine zweite Stufe einer Kompensation zur Anwendung gebracht wird, bei der das Fehlerverhältnis  $R$  verwendet wird.

**[0089]** Es sei darauf hingewiesen, dass die oben beschriebenen Prinzipien der jeweiligen Ausführungsformen nicht auf die Anwendung bei einem spezifischen Gerät oder Gerätekonfigurationen dieser Ausführungsformen beschränkt sind, sondern auch auf vielfältige andere Typen von Drehwinkel-Detektorgeräten entsprechend Winkelwerten über  $-360^\circ$  anwendbar sind, bei denen ein Drehbetrag gemessen wird und zwar basierend auf abgeleiteten Werten eines sich monoton ändernden oder variierenden Berechnungsbetrages ( $\theta_1$ ), der dazu verwendet werden kann, um einen angenäherten Wert des Drehbetrages innerhalb eines Bereiches zu spezifizieren, der  $360^\circ$  überschreitet, und einen zyklisch variierenden Berechnungsbetrag ( $\theta_2$ ) zu spezifizieren, der dazu verwendet werden kann, um einen Drehbetrag oder ein Drehausmaß innerhalb eines Bereiches von weniger als  $360^\circ$  zu spezifizieren.

**[0090]** Darüber hinaus sind vielfältige Abwandlungen der beschriebenen Ausführungsformen möglich, die in den Rahmen der Erfindung fallen, wie er sich aus den anhängenden Ansprüchen ergibt.

## Patentansprüche

1. Drehwinkel-Detektorgerät zum Erhalten eines momentanen Wertes eines Drehwinkels ( $\theta_0$ ) einer Drehwelle (9) innerhalb eines Messbereiches, der  $360^\circ$  überschreitet, aufweisend ein Gehäuse (1), welches die Drehwelle (9) enthält, die drehbar in diesem montiert ist, einem Magneten (4), der fest an der Drehwelle (9) angebracht ist, einen ersten Magnetsensor und einen zweiten Magnetsensor (7), die jeweils fest in Bezug auf das Gehäuse (1) montiert sind und jeweils auf einer Drehachse der Drehwelle (9) gelegen sind, um jeweilige Sensorsignale zu erzeugen, die in Einklang mit den Werten des magnetischen Flusses variieren, der in Richtungen entsprechend rechten Winkeln zueinander und in rechten Winkeln zur Drehachse verläuft, einen Mechanismus, der zum Bewegen des Magnets (4) entlang der Drehachse in der Lage ist, wenn sich der Magnet dreht, und eine Signalverarbeitungsschaltung (8) zum Verarbeiten der Sensorsignale; wobei die Signalverarbeitungsschaltung (8) dafür ausgelegt ist, einen momentanen Wert eines ersten Berechnungsbetrages ( $\theta_1$ ) und einen momentanen Wert eines zweiten Berechnungsbetrages ( $\theta_2$ ) basierend auf den jeweiligen Werten des ersten Sensorsignals und des zweiten Sensorsignals zu berechnen, wobei der erste Berechnungsbetrag ( $\theta_1$ ) monoton mit variierendem Drehwinkel ( $\theta_i$ ) der Welle (9) variiert und zwar über den Messbereich der Werte des Drehwinkels der Welle (9), und wobei der zweite Berechnungsbetrag ( $\theta_2$ ) mit variierendem Drehwinkel ( $\theta_i$ ) der Welle (9) periodisch zwischen einem minimalen und einem maximalen Wert variiert, und wobei eine vorbestimmte Ganzzahl an Variationsperioden des zweiten Berechnungsbetrages innerhalb eines  $360^\circ$  Variationsbereiches des Drehwinkels ( $\theta_i$ ) der Welle (9) auftreten; und die Signalverarbeitungsschaltung (8) den momentanen Wert des Drehwinkels ( $\theta_i$ ) der Welle (9) basierend auf den momentanen Werten des ersten Berechnungsbetrages und des zweiten Berechnungsbetrages berechnet, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Magnet (4) mit einer zur Drehachse konzentrisch verlaufenden, konischen Innenoberfläche ausgebildet ist, und einen Magnetfluss zwischen diametral gegenüberliegenden Abschnitten dieser konischen Innenoberfläche hervorruft, und Positionen der ersten und zweiten Magnetsensoren auf einen Bereich begrenzt werden, welcher durch die konische Innenoberfläche vorgegeben ist.

2. Drehwinkel-Detektorgerät nach Anspruch 1, wobei der Drehwinkel der Welle (9) mit  $\theta_i$  bezeichnet ist und der erste Berechnungsbetrag als eine Funktion  $f(\theta)$  beschrieben ist, und wobei der jeweiligen Wert der Magnetflussdichte durch das erste Sensorsignal und durch das zweite Sensorsignal als  $B_x$  bzw.  $B_y$  beschrieben ist, wobei  $B_x$  gleich dem Produkt aus  $f$

$(\theta)$  multipliziert mit dem  $\cos \theta$  ist, und  $B_y$  gleich dem Produkt aus  $f(0)$  multipliziert mit  $\sin \theta$  ist.

3. Drehwinkel-Detektorgerät nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Signalverarbeitungsschaltung (8) dafür ausgelegt ist, um

den momentanen Wert des ersten Berechnungsbetrages als eine Länge eines Vektors des Magnetflusses zu berechnen, wobei die Vektorlänge als Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate Magnetflusswerte  $B_x$  und  $B_y$  berechnet wird, wie sie durch das erste und das zweite Sensorsignal wiedergegeben oder ausgedrückt sind, und  
der momentane Wert des zweiten Berechnungsbetrages als ein Winkelwert aus dem inversen Tangens des Verhältnisses der Magnetflusswerte  $B_y$  und  $B_x$  berechenbar ist.

4. Drehwinkel-Detektorgerät nach Anspruch 1, bei dem die Signalverarbeitungsschaltung (8) einen wiederbeschreibbaren nichtflüchtigen Speicher (24) aufweist, der eine Vielzahl von Werten des ersten Berechnungsbetrages ( $\theta_1$ ) und eine Vielzahl von Fehlerbeträgen ( $\Delta\theta$ ), von denen jeder mit einem entsprechenden einen der gespeicherten Werte des ersten Berechnungsbetrages verkettet ist, zu speichern, und einen Speicher mit Beziehungswerten einer Skalierungsberechnung, die darin fest gespeichert ist, wobei die Skalierungsberechnung sich auf Werte des Drehwinkels bezieht, die den Werten des ersten Berechnungsbetrags entsprechen, und wobei die Signalverarbeitungsschaltung (8) eingerichtet ist, die folgende Verarbeitungssequenz wiederholend auszuführen:

Berechnen eines ersten momentanen Wertes des ersten Berechnungsbetrages und eines momentanen Wertes eines zweiten Berechnungsbetrages basierend auf den jeweiligen momentanen Werten des ersten Sensorsignals und des zweiten Sensorsignals, Auslesen eines vorhergehend in dem nichtflüchtigen Speicher (24) gespeicherten Fehlerbetrages ( $\Delta\theta$ ) entsprechend dem ersten momentanen Wert des ersten Berechnungsbetrages ( $\theta_1$ );

Berechnen eines kompensierten Wertes ( $\theta_1'$ ) des ersten momentanen Werts des ersten Berechnungsbetrages ( $\theta_1$ ), basierend auf dem vorhergehend gespeicherten entsprechenden Fehlerbetrag;

Berechnen des momentanen Wertes ( $\theta_0$ ) des Drehwinkels der Welle (9) basierend auf dem kompensierten Wert ( $\theta_1'$ ) und auf dem momentanen Wert des zweiten Berechnungsbetrages ( $\theta_2$ );

Anwenden der Skalierungsberechnung zum Umwandeln des berechneten momentanen Wertes des Drehwinkels der Welle (9) in einen zweiten momentanen Wert des ersten Berechnungsbetrages;

Berechnen eines auf den neuesten Stand gebrachten Fehlerbetrages basierend auf dem ersten momentanen und dem zweiten momentanen Wert des ersten Berechnungsbetrags ( $\theta_1$ ); und

Speichern des auf den neuesten Stand gebrachten Fehlerbetrages in dem wiederbeschreibbaren nichtflüchtigen Speicher (24), um den vorhergehend gespeicherten entsprechenden Fehlerbetrag zu ersetzen.

5. Drehwinkel-Detektorgerät nach Anspruch 4, bei dem die Signalverarbeitungsschaltung (8) dafür ausgelegt ist, um

zu Beurteilen, ob ein absoluter Wert des vorhergehend gespeicherten Fehlerbetrages einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet,

Berechnen des momentanen Wertes des Drehwinkels der Welle (9) basierend auf dem kompensierten Wert des ersten Berechnungsbetrages und dem momentanen Wert des zweiten Berechnungsbetrages, wenn beurteilt wird, dass der absolute Wert den Schwellenwert überschritten hat, und

Berechnen des momentanen Wertes des Drehwinkels der Welle (9) basierend auf dem momentanen Wert des ersten Berechnungsbetrages und dem momentanen Wert des zweiten Berechnungsbetrages, wenn beurteilt wird, dass der absolute Wert den Schwellenwert nicht überschritten hat.

6. Drehwinkel-Detektorgerät nach Anspruch 4, bei dem der auf den neuesten Stand gebrachte Fehlerbetrag als eine Differenz zwischen dem ersten momentanen Wert des ersten Berechnungsbetrages und dem zweiten momentanen Wert des ersten Berechnungsbetrages berechnet wird.

7. Drehwinkel-Detektorgerät nach Anspruch 4, bei dem der auf den neuesten Stand gebrachte Fehlerbetrag als ein Verhältnis aus dem ersten momentanen Wert des ersten Berechnungsbetrages zu dem zweiten momentanen Wert des ersten Berechnungsbetrages berechnet wird.

8. Drehwinkel-Detektorgerät zum Erhalten eines momentanen Wertes eines Wellendrehwinkels einer Drehwelle (9) bezüglich einer Bezugswinkelposition innerhalb eines vollständigen Winkelbereiches der Messung, der  $360^\circ$  überschreitet, wobei der Drehwinkels der Welle mit  $\theta$  bezeichnet wird, wobei das Gerät eine Sensoreinrichtung aufweist, die eingerichtet ist, Erfassungssignale in Reaktion auf die Drehung der Drehwelle (9) zu erhalten, sowie eine Signalverarbeitungsschaltung (8) zum Verarbeiten der Erfassungssignale, um zu erhalten:

einen ersten Berechnungsbetrag als eine Funktion  $f(\theta)$ , die mit variierendem Drehwinkel der Welle monoton über einen vollständigen Winkelbereich der Messung variiert, und

einen zweiten Berechnungsbetrag zu berechnen, der mit variierendem Drehwinkel ( $\theta_i$ ) der Welle (9) periodisch zwischen einem minimalen und einem maximalen Wert variiert, wobei eine vorbestimmte Vielzahl von Variationsperioden des zweiten Berech-

nungsbetrages innerhalb eines Variationsbereiches von  $360^\circ$  des Wellendrehwinkels auftritt, wobei die Signalverarbeitungsschaltung (8) eingerichtet ist, um jeweilige momentane Werte des ersten Berechnungsbetrages ( $\theta_1$ ) und des zweiten Berechnungsbetrages ( $\theta_2$ ) zu verarbeiten, um den momentanen Wert des Wellendrehwinkels ( $\theta$ ) zu berechnen; wobei das Gerät **dadurch gekennzeichnet** ist, dass die Signalverarbeitungsschaltung (8) einen wiederbeschreibbaren, nichtflüchtigen Speicher (24) aufweist, um eine Vielzahl von Werten des ersten Berechnungsbetrages ( $\theta_1$ ) und eine Vielzahl von Fehlerbeträgen ( $\Delta\theta$ ), von denen jeder dieser Fehlerbeträge ( $\Delta\theta$ ) mit einem entsprechenden einen der gespeicherten Werte des ersten Berechnungsbetrages verkettet ist, zu speichern, und einen Speicher (23) mit einer darin fest eingespeicherten Beziehungswerten einer Skalierungsberechnung, wobei diese Skalierungsbeziehungswerte eine vorbestimmte Entsprechung zwischen den Werten des Drehwinkels und den Werten des ersten Berechnungsbetrags beschreibt, und gekennzeichnet dadurch, dass die Signalverarbeitungsschaltung (8) eingerichtet ist, die folgende Verarbeitungssequenz wiederholt auszuführen:

Berechnen eines ersten momentanen Wertes des ersten Berechnungsbetrages ( $\theta_1$ ) und eines momentanen Wertes eines zweiten Berechnungsbetrages ( $\theta_2$ ) basierend auf den Erfassungssignalen,

Auslesen eines vorhergehend in dem wiederbeschreibbaren, nichtflüchtigen Speicher (24) gespeicherten Fehlerbetrages ( $\Delta\theta$ ), der mit dem ersten momentanen Wert des ersten Berechnungsbetrages ( $\theta_1$ ) korrespondiert;

Anwenden des Fehlerbetrags ( $\Delta\theta$ ) auf den ersten momentanen Wert des ersten Berechnungsbetrags ( $\theta_1$ ), um einen kompensierten Wert ( $\theta_1'$ ) des ersten Berechnungsbetrags ( $\theta_1$ ) zu berechnen,

Berechnen des momentanen Werts ( $\theta_0$ ) des Drehwinkels der Drehwelle basierend auf dem kompensierten Wert ( $\theta_1'$ ) des ersten Berechnungsbetrags ( $\theta_1$ ) und dem momentanen Wert des zweiten Berechnungsbetrags ( $\theta_2$ ),

Anwenden der Beziehungswerte einer Skalierungsberechnung auf den momentanen Wert ( $\theta_0$ ) des Drehwinkels der Drehwelle, um einen zweiten momentanen Wert des ersten Berechnungsbetrages zu erhalten;

Berechnen des auf den neuesten Stand gebrachten Fehlerbetrages basierend auf dem ersten momentanen Wert und dem zweiten momentanen Wert des ersten Berechnungsbetrags ( $\theta_1$ ); und

Speichern des auf den neuesten Stand gebrachten Fehlerbetrages in dem wiederbeschreibbaren, nichtflüchtigen Speicher (24), um den vorhergehend gespeicherten entsprechenden Fehlerbetrag zu ersetzen;

wobei das Gerät zu dem Zeitpunkt des Beginns des Betriebes des Gerätes in einen Zustand versetzt wor-

den ist, bei dem eine absolute Größe des Fehlers in dem kompensierten Wert des ersten Berechnungsbetrags bei jedem der jeweiligen Winkelpositionen der Drehwelle auf einen vorbestimmten erlaubten absoluten Wertes begrenzt worden ist, und wobei der Zustand danach als Ergebnis des sukzessiven Erhaltens von Fehlerbeträgen und Speichern der Fehlerbeträge in dem wiederbeschreibbaren, nicht-flüchtigen Speicher gespeichert wird.

9. Drehwinkel-Detektorgerät nach Anspruch 8, bei dem der zulässige absolute Wert, wenn er durch Anwenden der Beziehungswerte einer Skalierungsberechnung umgewandelt wird, einen Drehwinkelbetrag entsprechend der halben Variationsperiode des zweiten Berechnungsbetrages nicht übersteigt.

10. Drehwinkel-Detektorgerät nach Anspruch 8, mit einem Gehäuse (1), in welchem eine Drehwelle (9) drehbar montiert ist, einem Magneten (4) und einem Paar von Magnetsensoren (7), wobei eine der Vorrichtungen gemäß dem Magneten (4) und dem Paar der Magnetsensoren (7) so angebracht ist, dass dieser mit der Drehwelle (9) drehbar ist und der andere fest in Bezug auf das Gehäuse (1) angebracht ist, und wobei die Magnetsensoren (7) auf einer Drehachse der Drehwelle (9) gelegen sind, und mit einem Mechanismus (2, 5, 6) zum Bewirken einer relativen linearen Bewegung zwischen dem Magneten (4) und dem Paar der Magnetsensoren (7), wobei die Bewegung entlang der Drehachse gerichtet ist und in Übereinstimmung mit der Drehung der Drehwelle (9) auftritt,

der Magnet (4) mit einer konischen inneren Fläche konfiguriert ist, die einen kreisförmigen Umfang hat, der konzentrisch zur Drehachse ist, und bei dem der Magnet (4) dafür ausgelegt ist, um einen Fluss des Magnetflusses zwischen sich diametral gegenüberliegenden Bereichen der inneren Fläche zu erzeugen, in einer Richtung in rechten Winkeln zur Drehachse,

der erste Magnetsensor und der zweite Magnetsensor (7) dafür ausgelegt sind, um die Erfassungssignale zu erzeugen, die jeweils X-Richtungs- und Y-Richtungs-Magnetflusskomponenten ausdrücken, wobei die X-Richtung und die Y-Richtung in rechten Winkeln zueinander orientiert sind und auch zu der Drehachse in rechten Winkeln orientiert sind.

11. Drehwinkel-Detektorgerät nach Anspruch 8, wobei die Beziehungswerte einer Skalierungsberechnung Beziehungswerte einer vorbestimmten Skalierungsberechnung sind, und wobei die Signalverarbeitungsschaltung diese Beziehungswerte und den momentanen Wert des Drehwellenwinkels in dieser Skalierungsberechnung zum Erhalten des zweiten momentanen Werts des ersten Berechnungsbetrags anwendet.

12. Drehwinkel-Detektorgerät nach Anspruch 11, wobei die Skalierungsberechnung eine lineare Beziehung zwischen Werten des Drehwellenwinkels ausdrückt und korrespondierende Werte des ersten Berechnungsbetrags.

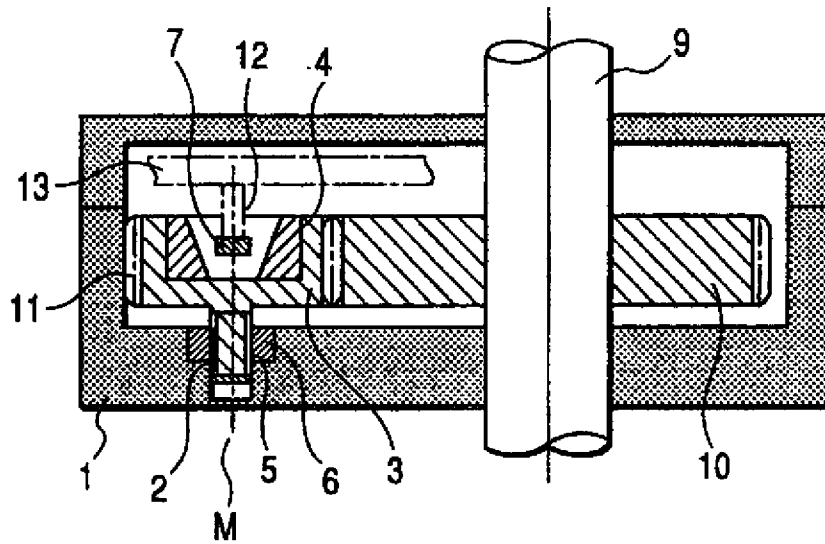
13. Drehwinkel-Detektorgerät nach Anspruch 4, wobei das Gerät zu dem Zeitpunkt des Beginns des Betriebes des Gerätes in einen Zustand versetzt worden ist, bei dem eine Magnitude des Fehlers bei dem kompensierten Wert des Berechnungsbetrags auf einen vorbestimmten erlaubten absoluten Wert bei jeder der jeweiligen Winkelpositionen der Drehwelle begrenzt ist, wobei der Zustand danach als Ergebnis vom sukzessiven Erhalten der Fehlerbeträge und Speichern der auf den neusten Stand gebrachten Fehlerbeträgen in dem wiederbeschreibbaren nichtflüchtigen Speicher (24) aufrechterhalten wird.

14. Drehwinkel-Detektorgerät nach Anspruch 13, wobei der erlaubte absolute Wert, wie durch die Skalierungsberechnung umgewandelt, einen Drehwinkelbetrag entsprechend der halben Variationsperiode des zweiten Berechnungsbetrages nicht übersteigt.

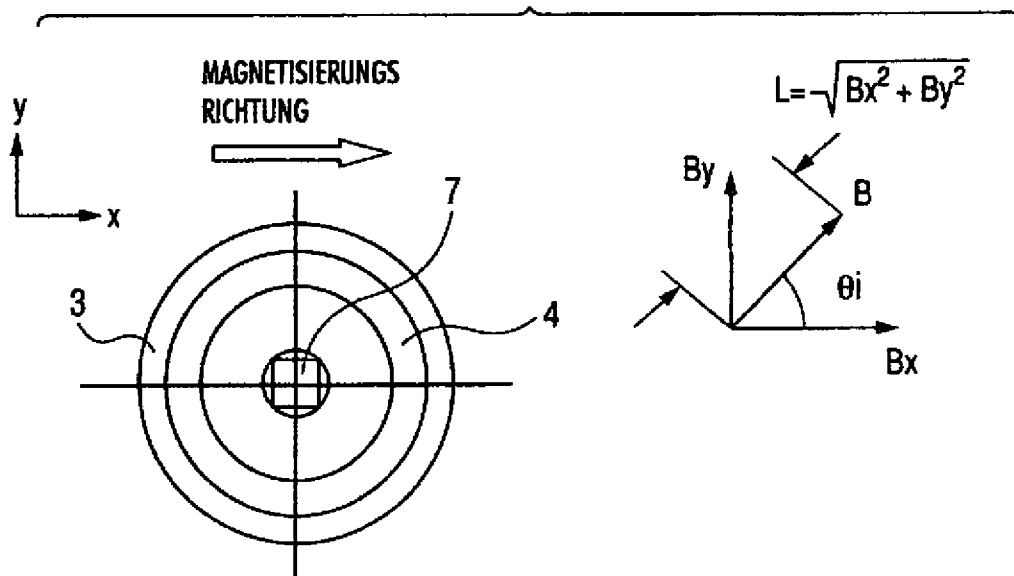
Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

**FIG. 1**

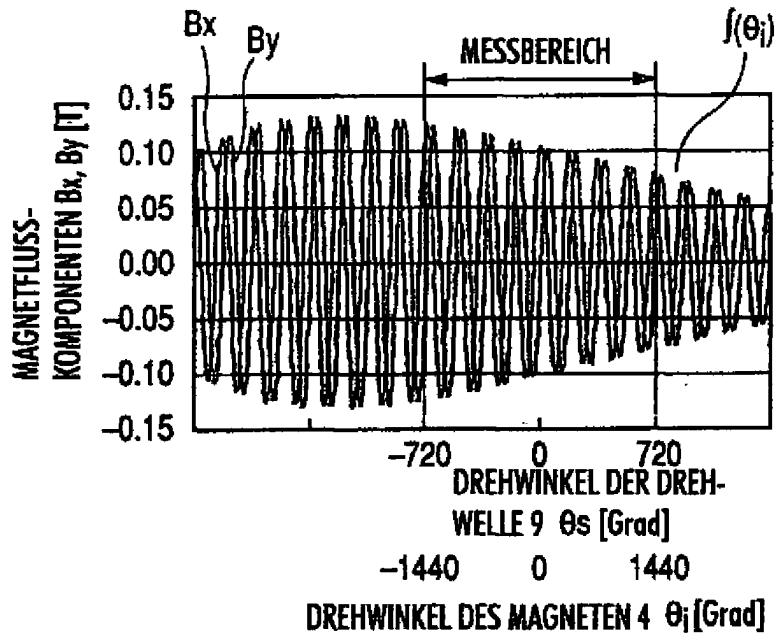


**FIG. 2**

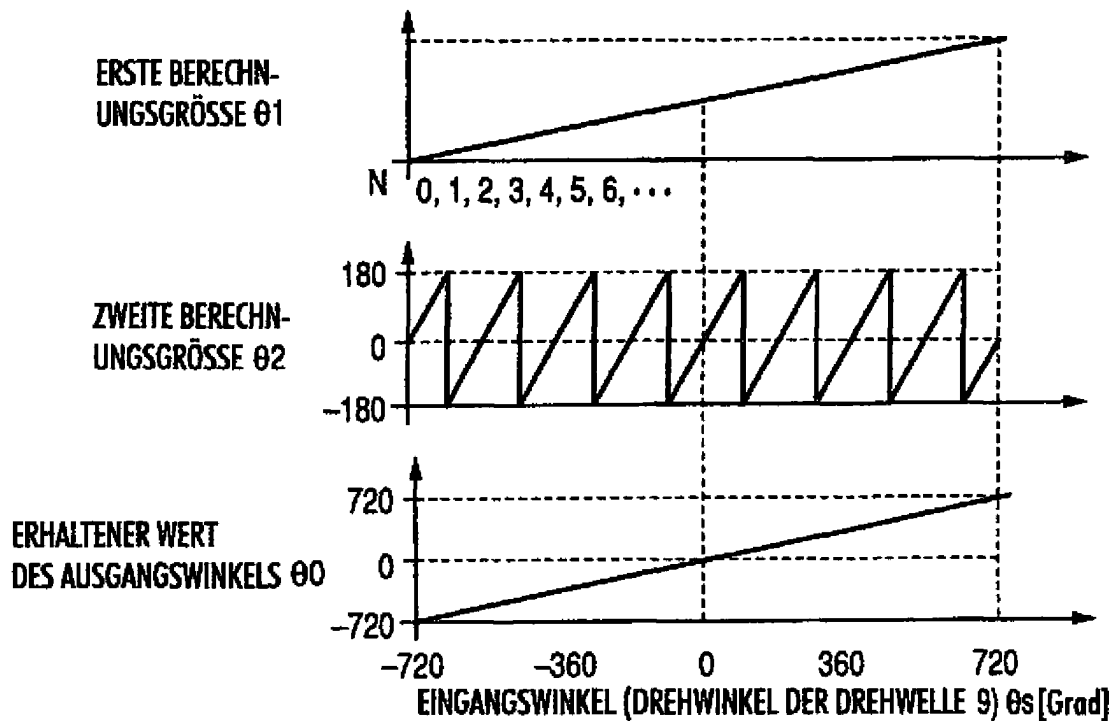




**FIG. 3**



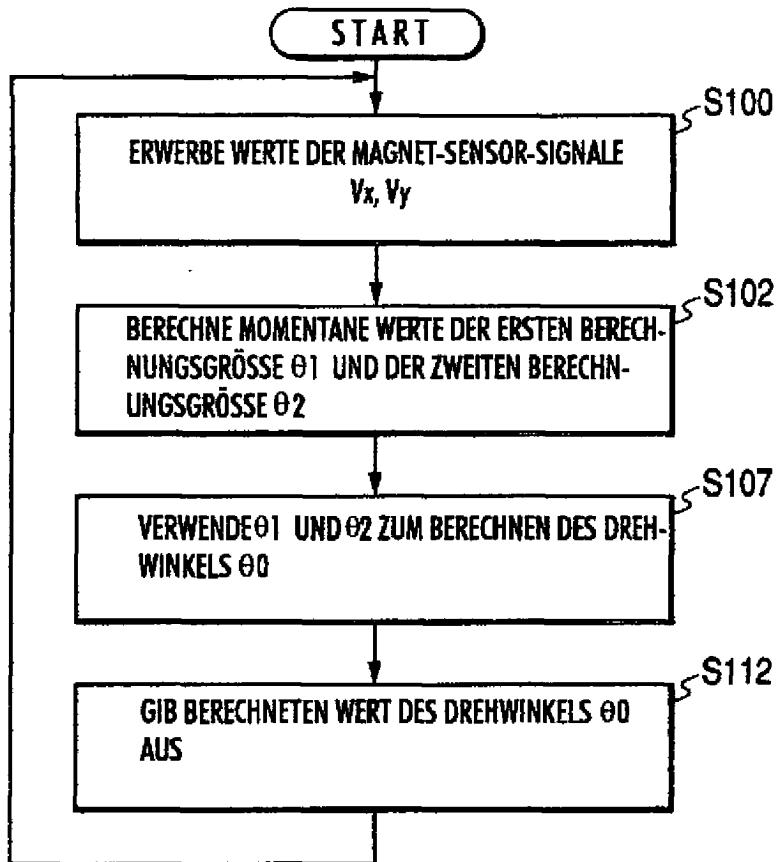
**FIG. 4**



ERSTE BERECHNUNGSGRÖSSE  $\theta_1 = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} = f(\theta_i)$

ZWEITE BERECHNUNGSGRÖSSE  $\theta_2 = \arctan(B_y / B_x)$

**FIG. 5**



**FIG. 6**

(VON SCHRITT S102)

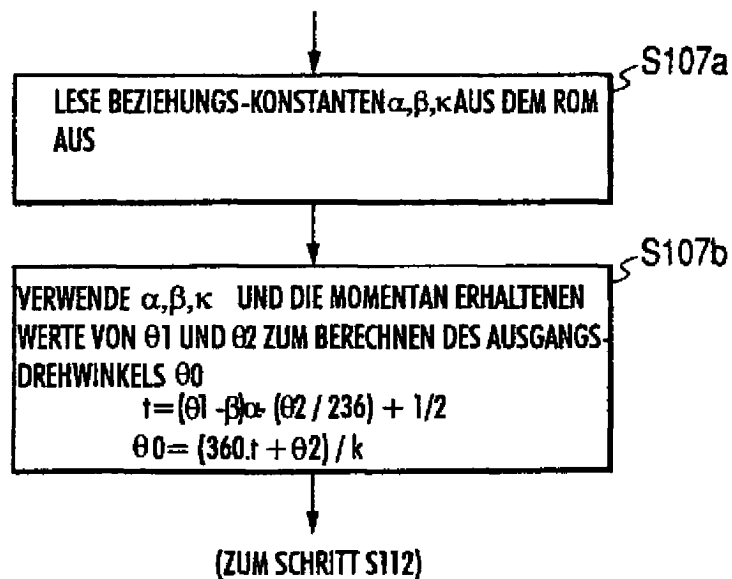
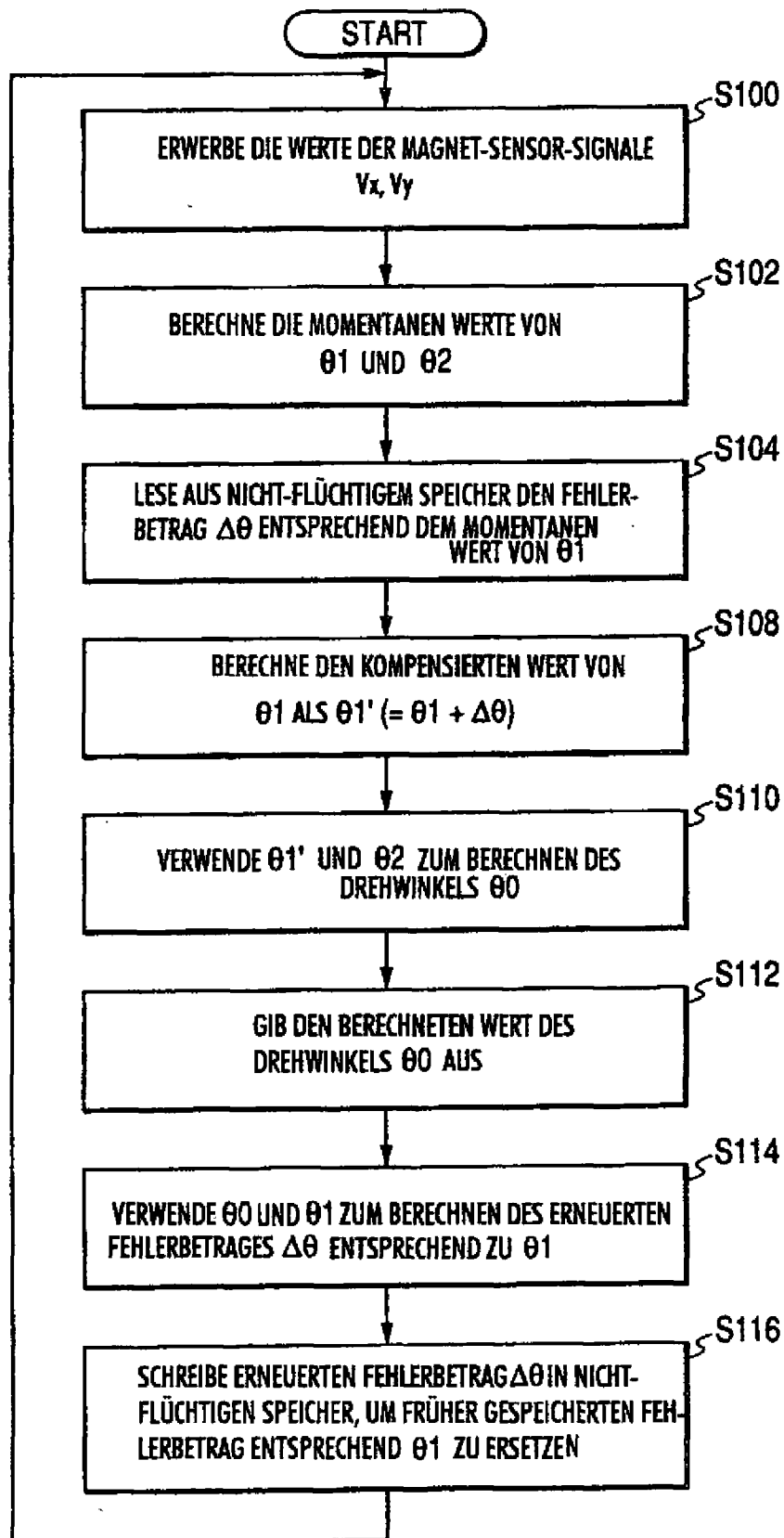
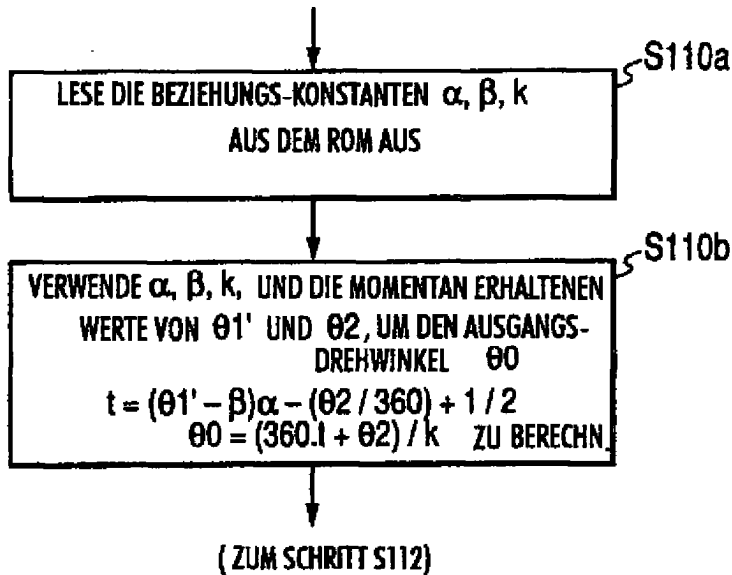


FIG. 7



**FIG. 8A**

(VON SCHRITT S108)

**FIG. 8B**

(VON SCHRITT S112)

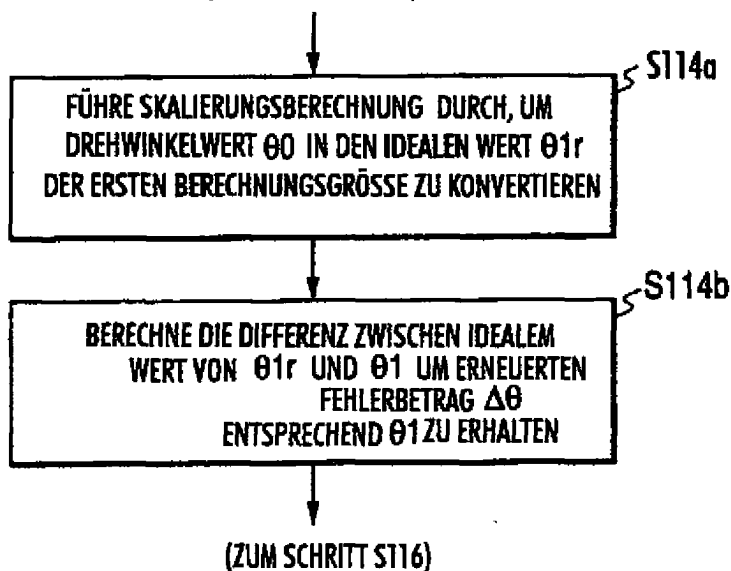


FIG. 9

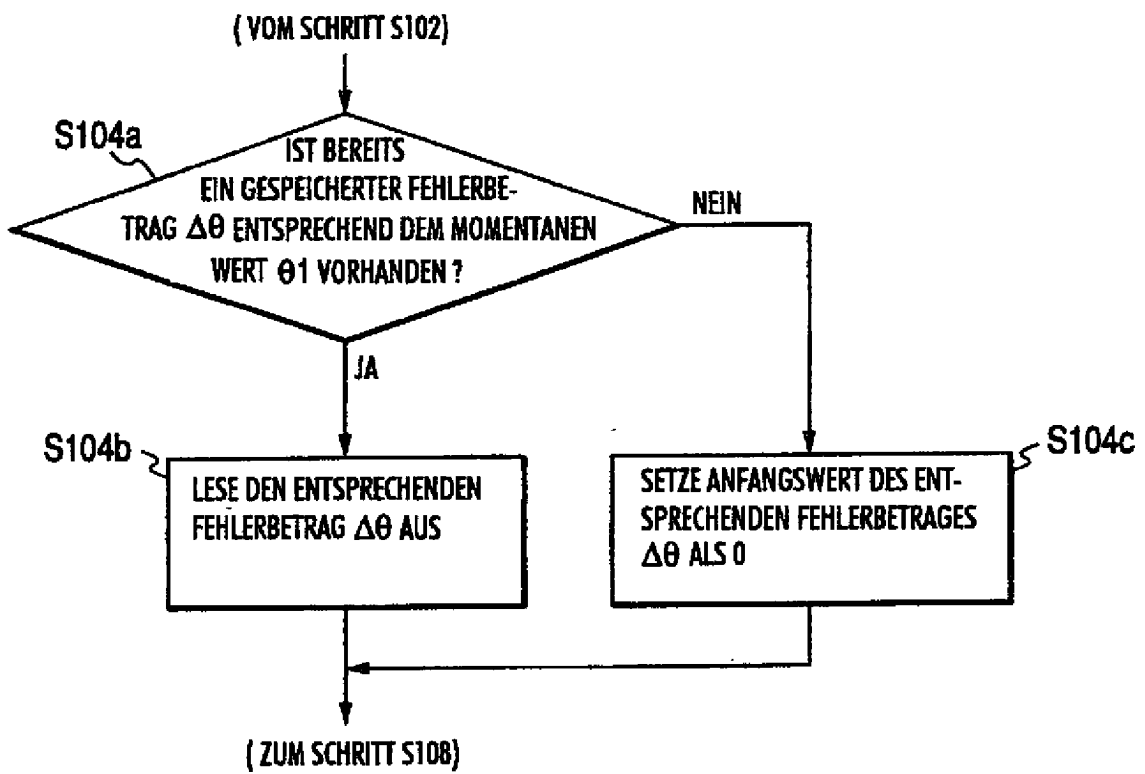


FIG. 10

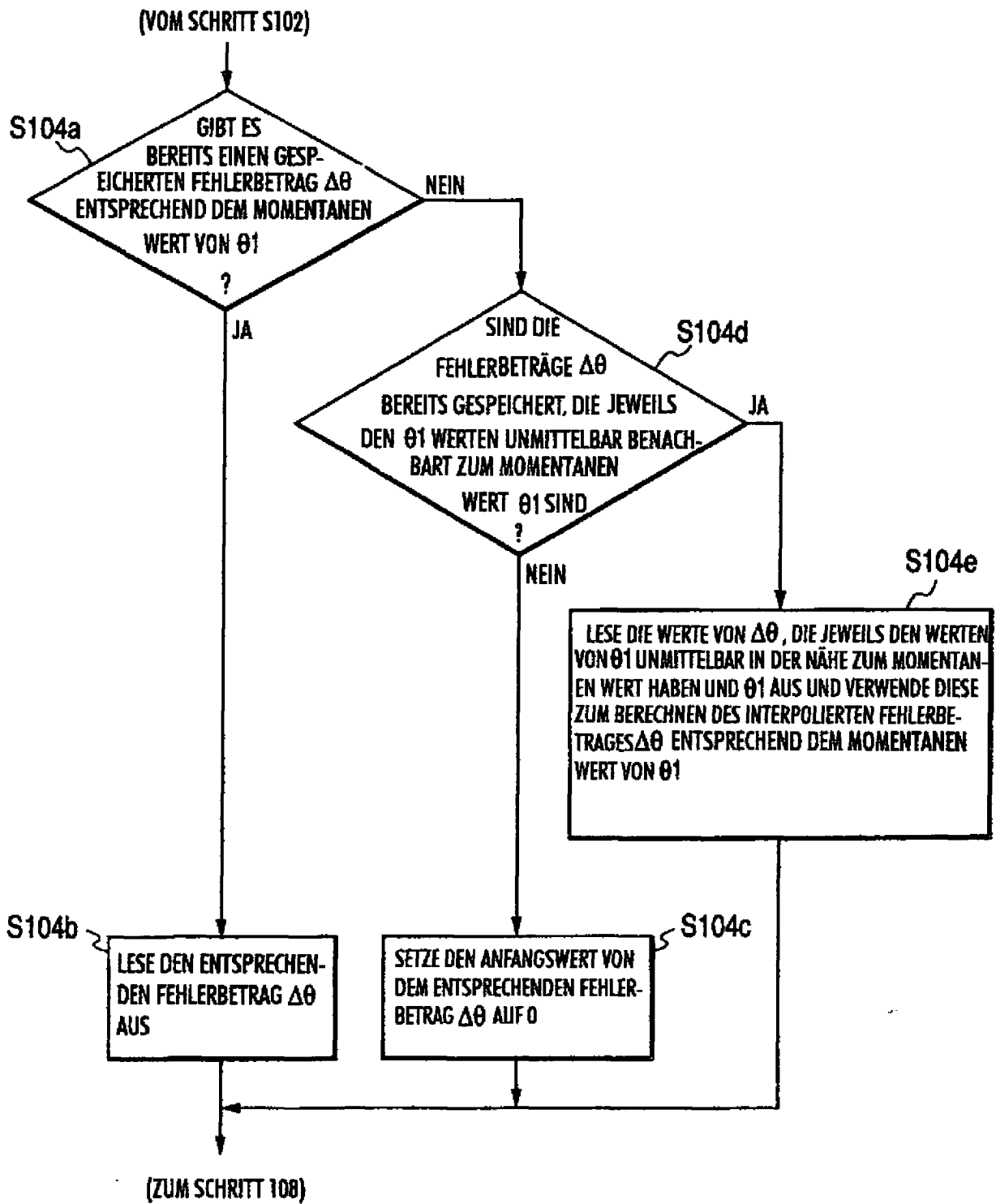


FIG. 11

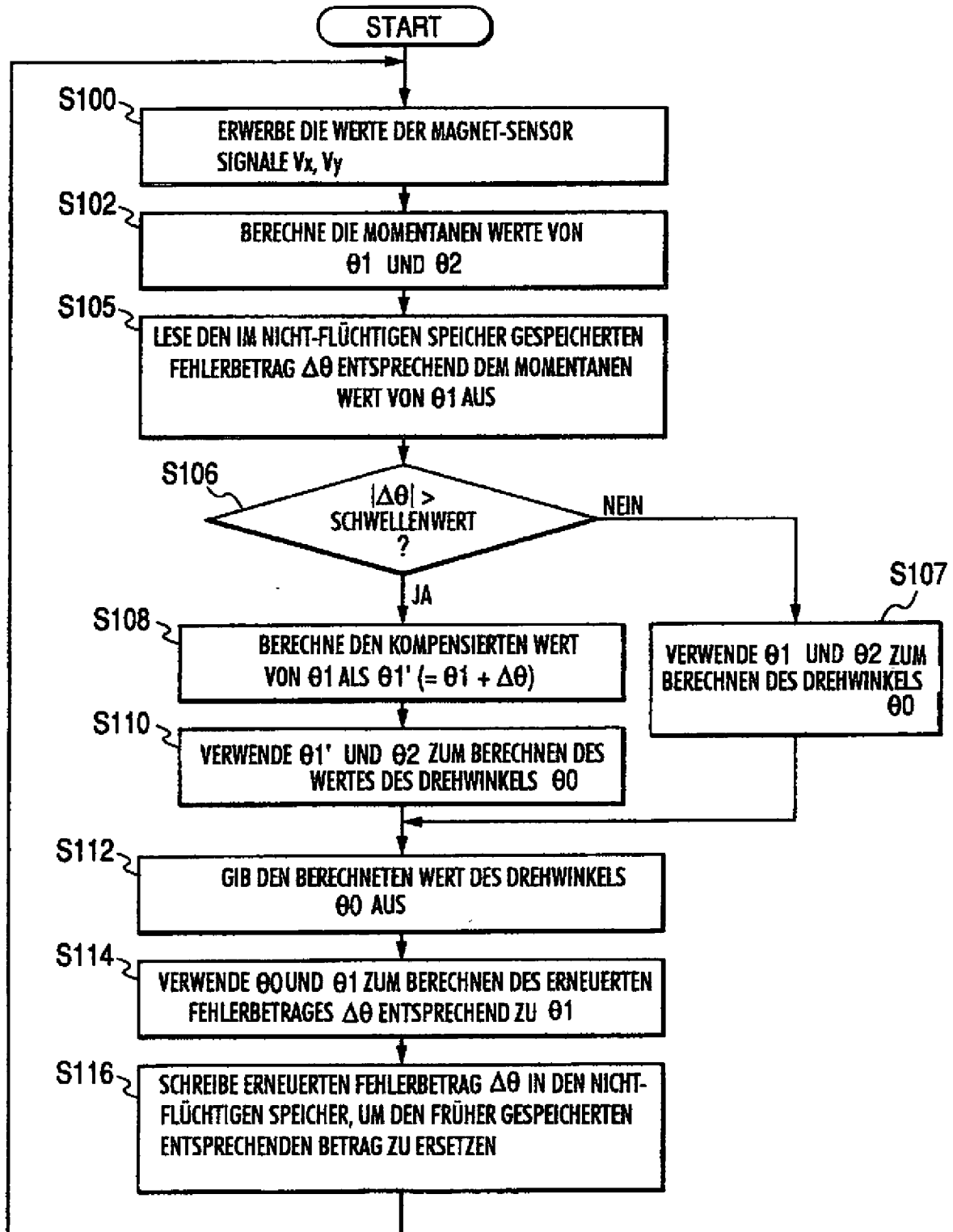


FIG. 12

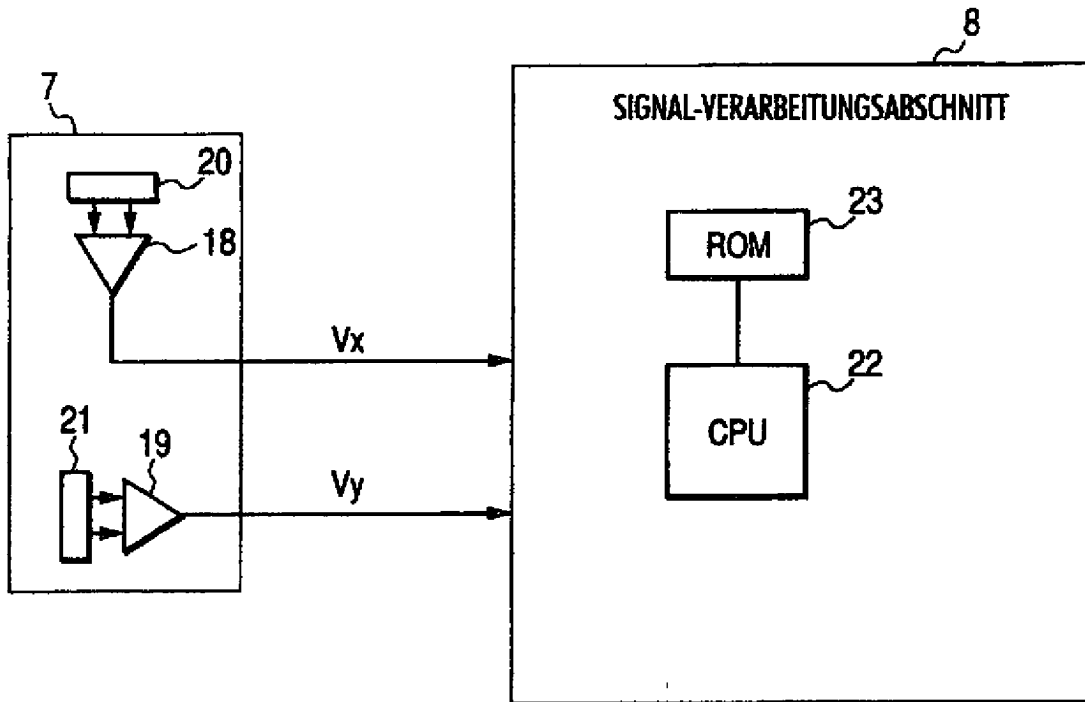


FIG. 13

