



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 205 902.4**

(22) Anmeldetag: **11.04.2012**

(43) Offenlegungstag: **17.10.2013**

(51) Int Cl.: **G01B 7/02 (2012.01)**

(71) Anmelder:
**Tyco Electronics AMP GmbH, 64625, Bensheim,
DE**

(74) Vertreter:
**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80802, München, DE**

(72) Erfinder:
Stark, Sebastian, 69469, Weinheim, DE

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

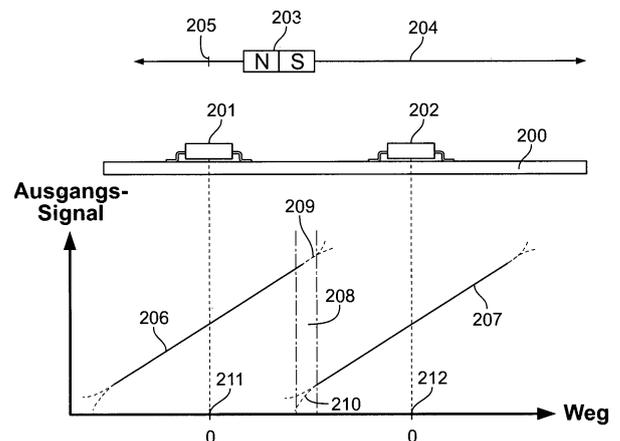
DE	101 24 760	A1
DE	10 2007 054 063	A1
DE	10 2011 106 941	A1
DE	699 03 277	T2
US	6 097 183	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Weggeber zum berührungslosen Messen einer Position mittels einer Vielzahl von in Reihe angeordneten Magnetfeldsensoren**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Weggeber zum berührungslosen Messen einer Position eines Magneten relativ zu einem Referenzpunkt. Der Weggeber umfasst den Magneten, der entlang einer Bewegungsachse verschiebbar ist, eine Vielzahl von in Reihe befindlichen Magnetfeldsensoren, die parallel zur Bewegungsachse des Magneten angeordnet ist, und eine Berechnungseinheit für das Bilden eines Positionssignals, welches die Position des Magneten relativ zu dem Referenzpunkt angibt. Die Vielzahl der in Reihe befindlichen Magnetfeldsensoren sind so angeordnet, dass sich die Wegmessbereiche von benachbarten Magnetfeldsensoren in einem Überlappungsbereich überlappen. Die Berechnungseinheit ist so ausgebildet, dass, wenn die Position des Magneten in einem Überlappungsbereich enthalten ist, sie das Positionssignal anhand von Ausgangssignalen bildet, die von den Magnetfeldsensoren ausgegeben werden, deren Wegmessbereiche sich in dem Überlappungsbereich überlappen; und wenn die Position des Magneten nicht in einem Überlappungsbereich enthalten ist, sie das Positionssignal anhand des Ausgangssignals bildet, das von dem Magnetfeldsensor ausgegeben wird, in dessen Wegmessbereich sich der Magnet befindet. Der Überlappungsbereich zwischen zwei Wegmessbereichen von benachbarten Magnetfeldsensoren ist so gewählt, dass der Gesamtfehler des von der Berechnungseinheit gebildeten Positionssignals in diesem Überlappungsbereich kleiner als ein maximal tolerierbarer Fehler ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Weggeber zum berührungslosen Messen einer Position eines Magneten. Insbesondere auf einen Weggeber, der auf der Basis von einer Vielzahl von in Reihe angeordneten Magnetfeldsensoren, einen um ein Vielfaches größeren Auslenkungsbereich aufweist als ein einzelner Magnetfeldsensor.

[0002] Bei dem erfindungsgemäßen Weggeber soll die Genauigkeit des von dem Weggeber ausgegebenen Positionssignals, das die Position des Magneten relativ zu einem Referenzpunkt angibt, über den gesamten Auslenkungsbereich hinweg, unter einem maximal tolerierbaren Fehler liegen.

[0003] Ein typisches Beispiel für einen Magnetfeldsensor ist der Hallsensor. Stellvertretend für einen Magnetfeldsensor wird die vorliegende Erfindung anhand eines Hallsensors beschrieben, ist jedoch nicht darauf beschränkt.

[0004] Hallsensoren werden vielfach für die Steuerung von Werkzeugmaschinen, in der Automatisierungstechnik, in der Robotik sowie im Automobilbereich eingesetzt. Im Vergleich zu Weggebern, die nach einem optischen Verfahren arbeiten, sind Hallsensoren weniger empfindlich gegenüber Verschmutzung und Beschädigung, da sie mit einer nicht-magnetischen Hülle hermetisch gekapselt werden können.

[0005] Bei Weggebern, die zum Erfassen der Bewegung eines beweglichen Teiles, einen Hallsensor einsetzen, wird ein Magnet an das bewegliche Teil angebracht, und das von dem Magnet erzeugte Magnetfeld während der Bewegung des Teiles von dem Hallsensor erfasst. Durch die Bewegung des Magneten detektiert der Hallsensor ein sich zeitlich veränderliches Magnetfeld, und gibt ein von der Position des Magneten abhängiges Ausgangssignal aus. Die Genauigkeit des Ausgangssignals nimmt mit abnehmender Flussdichte des von dem Hallsensor detektierten Magnetfeldes ab. Dadurch wird die Positionsbestimmung des Magneten mit zunehmendem Abstand des Magneten vom Hallsensor ungenauer.

[0006] Die Genauigkeit der Positionsbestimmung, insbesondere bei größeren Abständen zwischen Magnet und Hallsensor, wird durch den Einsatz von Sensoren mit 3D-Hall-Technologie (im Folgenden als 3D-Hallsensoren bezeichnet) gesteigert. Bei dieser Art von Hallsensoren werden an einem Ort zwei zueinander senkrecht stehende Magnetfeldkomponenten gemessen, das Verhältnis zwischen den gemessenen Magnetfeldkomponenten gebildet, und die Position des Magneten relativ zu diesem Ort anhand des Verhältnisses angegeben.

[0007] [Fig. 1](#) zeigt einen 3D-Hallsensor **100**. Dieser weist einen Nullpunkt **0** auf, der sich oberhalb der Sensormitte befindet. Bewegt sich ein Magnet entlang oder parallel zu einer Bewegungsachse **101**, die durch den Nullpunkt **0** des 3D-Hallsensors geht, so gibt dieser ein Ausgangssignal **102** aus, das die Position des Magneten relativ zu dem Nullpunkt des Sensors angibt. Die Genauigkeit, mit der das Ausgangssignal die Position des Magneten relativ zum Nullpunkt angibt, nimmt mit zunehmendem Abstand des Magneten vom Nullpunkt ab. Das beschränkt den Wegmessbereich eines 3D-Hallsensors. Bei bekannten 3D-Hallsensoren beträgt er maximal 40 mm (± 20 mm um den Nullpunkt).

[0008] [Fig. 2](#) zeigt das Ausgangssignal **102** des in [Fig. 1](#) gezeigten 3D-Hallsensors in Abhängigkeit von der Position des Magneten relativ zu dem Nullpunkt. In einem Bereich um den Nullpunkt herum besteht ein linearer Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal **102** des Sensors und der Position des Magneten relativ zum Nullpunkt. An den beiden Enden **103** und **104** des Wegmessbereiches wird die Steuerung der Messsignale und damit der Messfehler größer; der lineare Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal **102** des Sensors und der Position des Magneten geht verloren, weil die Genauigkeit, mit der das Ausgangssignal **102** die Position des Magneten angibt, zu gering geworden ist. Ab einem bestimmten Abstand des Magneten vom Nullpunkt, ist die Genauigkeit, mit der das Ausgangssignal **102** die Position des Magneten angibt, so gering, dass kein Zusammenhang mehr zwischen dem Ausgangssignal **102** des 3D-Hallsensors und der Position des Magneten relativ zum Nullpunkt existiert.

[0009] Die Druckschrift US 6097183 offenbart einen Weggeber mit in Reihe angeordneten Sensoren und einem Magneten, der sich entlang einer Bewegungsachse an den Sensoren vorbeibewegen kann. Die Sensoren sind entweder magnetoresistive Sensoren oder Hallsensoren, die entlang einer Richtung empfindlich sind. Das Positionssignal, das die Position des Magneten angibt, wird hier anhand von zwei Ausgangssignalen ermittelt, die von zwei benachbarten, in Nähe des Magneten befindlichen Sensoren ausgegeben werden. Zwischen dem so ermittelten Positionssignal und der Position des Magneten besteht kein linearer Zusammenhang. Das Positionssignal in Abhängigkeit von der Position des Magneten zeigt vielmehr einen wellenförmigen Verlauf, der

auf Nichtlinearitäten in den Sensoren zurückzuführen ist. Um diese auszugleichen, wird zu dem Positionssignal ein von der Position des Magneten abhängiger Korrekturfaktor addiert.

[0010] Ein Wegmessbereich von 40 mm, wie sie marktübliche 3D-Hallsensoren derzeit aufweisen, ist für viele Anwendungen, bei denen die Bewegung eines beweglichen Teiles erfasst werden soll, zu gering.

[0011] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen Weggeber bereitzustellen, der sich das Prinzip des Hall-Effektes zunutze macht, aber einen wesentlich höheren Wegmessbereich als ein marktüblicher 3D-Hallsensor aufweist, bei gleichzeitiger Einhaltung eines maximal tolerierbaren Gesamtfehlers des von dem Weggeber ausgegebenen Positionssignals.

[0012] Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Weggebers sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

[0013] Der vorliegenden Erfindung liegt die Idee zugrunde, dass eine Vielzahl von Hallsensoren in Reihe und parallel zu der Bewegungsachse eines Magneten angeordnet wird, sich Wegmessbereiche von benachbarten Hallsensoren an ihren Enden überlappen, das Positionssignal in einem Überlappungsbereich anhand von Ausgangssignalen gebildet wird, die von den Hallsensoren ausgegeben werden, deren Wegmessbereiche sich in dem Überlappungsbereich überlappen, und das Positionssignal in einem sich nichtüberlappenden Teil eines Wegmessbereiches anhand des Ausgangssignals gebildet wird, das von dem Hallsensor ausgegeben wird, in dessen Wegmessbereich sich der Magnet befindet. Insbesondere wird die Überlappung der Wegmessbereiche benachbarter Hallsensoren so gewählt, dass der Gesamtfehler des gebildeten Positionssignals im Überlappungsbereich kleiner als ein maximal tolerierbarer Fehler ist.

[0014] Ein linearer Zusammenhang zwischen dem von dem Weggeber ausgegebenen Positionssignal und der Position des Magneten relativ zu dem Referenzpunkt lässt sich besonders leicht erreichen, wenn ein linearer Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal des Hallsensors und der Position des Magneten relativ zum Nullpunkt des Hallsensors besteht.

[0015] Die Erweiterung des Wegmessbereiches des Weggebers ist dann optimal, wenn im Überlappungsbereich kein linearer Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal des Hallsensors und der Position des Magneten relativ zum Nullpunkt des Hallsensors besteht.

[0016] Durch eine Offset-Korrektur der von den Hallsensoren ausgegebenen Ausgangssignale lässt sich auf einfache Weise ein stetiger, linearer Verlauf des vom Weggeber ausgegebenen Positionssignals erreichen.

[0017] Die Bestimmung des Offsets eines Ausgangssignals lässt sich mit Hilfe einer Anlernroutine einfach implementieren, wenn beim Übergang des Magneten aus dem sich nicht überlappenden Teil eines Wegmessbereiches in den vom Referenzpunkt entfernteren Überlappungsbereich des Wegmessbereiches, die Differenz zwischen einem ersten Ausgangssignalwert und einem zweiten Ausgangssignalwert gebildet wird, wobei der erste Ausgangssignalwert und der zweite Ausgangssignalwert beim Übergang des Magneten aus dem sich nicht überlappenden Teil des Wegmessbereiches in den vom Referenzpunkt entfernteren Überlappungsbereich des Wegmessbereiches, von den Hallsensoren ausgegeben wird, deren Wegmessbereiche sich in dem Überlappungsbereich überlappen.

[0018] Bildet man das Positionssignal in einem Überlappungsbereich aufgrund der Positionsinformation, die in beiden in diesem Überlappungsbereich ausgegebenen Ausgangssignalen enthalten ist, lässt sich der Gesamtfehler des Positionssignals auch dann im Rahmen des maximal tolerierbaren Fehlers halten, wenn der Fehler eines oder beider Ausgangssignale den maximal tolerierbaren Fehler in Teilstücken des Überlappungsbereiches übersteigt.

[0019] Bei der Herstellung des erfindungsgemäßen Weggebers wird eine oder mehrere Leiterplatten mit einer Vielzahl von Hallsensoren bestückt. Dabei wird für jeden Hallsensor eine Sollposition auf der Leiterplatte vorgegeben und versucht den Hallsensor gemäß der vorgegebenen Sollposition auf der Leiterplatte zu montieren. Existiert nach dem Montieren des Hallsensors auf der Leiterplatte keine Abweichung zwischen Sollposition und tatsächlicher Position des Hallsensors auf der Leiterplatte, so lässt sich der Offset eines Ausgangssignals in einfacher Weise anhand der aus Plänen oder Leiterplattenlayouts bekannten Sollposition der Hallsensoren bestimmen.

[0020] Bei der Bestückung der Leiterplatte mit einem Hallsensor kann es jedoch zu einer Abweichung zwischen Sollposition und tatsächlicher Position des Hallsensors auf der Leiterplatte kommen. Diese Abweichung führt zu einer Änderung der sich überlappenden Bereiche seines Wegmessbereiches. Wird der Offset eines Ausgangssignals anhand der Position der Hallsensoren auf der Leiterplatte bestimmt, so muss diese Änderung berücksichtigt werden, was insbesondere dann sehr aufwendig ist, wenn die tatsächliche Position mehrerer Hallsensoren von ihrer Sollposition abweicht.

[0021] Die Bestimmung des Offsets eines Ausgangssignals lässt sich für Anordnungen, bei denen die tatsächliche Position bzw. Ausrichtung eines Hallsensors auf der Leiterplatte von der Sollposition bzw. -ausrichtung abweicht, wesentlich vereinfachen, wenn hierfür eine Anlernroutine verwendet wird.

[0022] Die Anlernroutine kann so implementiert werden, dass sie den Offset eines Ausgangssignals anhand der Summe von Differenzen zwischen zwei Ausgangssignalwerten bestimmt, die bei allen Übergängen gebildet werden, die zwischen dem den Referenzpunkt enthaltenden Wegmessbereich und dem Wegmessbereich liegen, für den der Offset bestimmt werden soll.

[0023] Als Alternative dazu kann der Offset eines Ausgangssignals anhand der Differenz zwischen einem Positionssignalwert und einem Ausgangssignalwert gebildet werden, die beim Übergang in den entsprechenden Überlappungsbereich von der Berechnungseinheit bzw. einem Hallsensor gebildet werden.

[0024] Die Genauigkeit, mit der das Ausgangssignal die Position des Magneten relativ zum Nullpunkt angibt, hängt von der Geschwindigkeit des Magneten ab. Je größer die Geschwindigkeit des Magneten zum Zeitpunkt der Detektion des Magnetfeldes durch den Hallsensor ist, umso ungenauer gibt das von dem Hallsensor ausgegebene Ausgangssignal die Position des Magneten an. Die Geschwindigkeit des Magneten wirkt sich auch auf die Genauigkeit aus, mit welcher der Offset bestimmt wird. Dies ist durch Unschärfen aufgrund zeitdiskreter Abtastung bedingt.

[0025] Dieser Einfluss kann weitgehend reduziert werden, wenn die Differenzen anhand derer ein Offset bestimmt wird, aus gemittelten Ausgangssignalwerten gebildet werden, bzw. der Offset aus der Differenz zwischen einem mittleren Positionssignalwert und einem mittleren Ausgangssignalwert bestimmt werden.

[0026] Die Mittelwertbildung lässt sich einfacher und ressourcensparender implementieren, wenn der Mittelwert ein gleitender Mittelwert ist.

[0027] Eine weitere Verbesserung der Genauigkeit eines Offsets lässt sich durch einen gewichteten Mittelwert erreichen, wobei die Gewichtung der Signalwerte von der Geschwindigkeit des Magneten abhängt.

[0028] Insbesondere lässt sich die Genauigkeit des durch Differenzbildung ermittelten Offsets verbessern, wenn die Gewichtung mit zunehmender Geschwindigkeit des Magneten abnimmt, und Signalwerte, die bei einer bestimmten Maximalwert übersteigenden Geschwindigkeit generiert wurden, nicht zum Bilden des ersten bzw. zweiten Mittelwertes herangezogen werden.

[0029] Der Fehler des Positionssignals im Überlappungsbereich lässt sich im Rahmen des maximal tolerierbaren Fehlers halten, wenn zwischen den Ausgangssignalen, die für diesen Überlappungsbereich ausgegeben werden, das Ausgangssignal mit der größten Genauigkeit ausgewählt und zum Bilden des Positionssignals benutzt wird.

[0030] Der Fehler des Positionssignals im Überlappungsbereich lässt sich auch dann im Rahmen des maximal tolerierbaren Fehlers halten, wenn für das Bilden des Positionssignals ein gewichteter Mittelwert zwischen den im Überlappungsbereich ausgegebenen Positionssignalen gebildet wird, und die Gewichtung der Signale von der Position des Magneten im Überlappungsbereich abhängt. Zudem führt das Bilden eines gewichteten Mittelwerts zu einem sanften Übergang zwischen den Positionssignalen innerhalb und außerhalb des Überlappungsbereiches.

[0031] Ein sanfter Übergang lässt sich auch dann erreichen, wenn das Positionssignal im Überlappungsbereich den Verlauf einer S-Kurve, einer Parabel oder einer e-Funktion aufweist.

[0032] Eine sehr einfache Implementierung ist erreichbar indem an einer definierten Stelle im Überlappungsbereich von einem Sensorsignal auf das Sensorsignal des anderen Sensors sprunghaft umgeschaltet wird.

[0033] Die Vorteile der vorliegenden Erfindung lassen sich insbesondere durch den Einsatz von Hallsensoren mit 3D-Hall-Technologie erzielen.

[0034] Zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert. Dabei werden gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen und gleichen Bauteilbezeichnungen versehen.

[0035] Es zeigen:

[0036] [Fig. 1](#) einen 3D-Hallsensor, der in einem Weggeber gemäß der Erfindung eingesetzt wird;

[0037] [Fig. 2](#) das Ausgangssignal eines 3D-Hallsensors in Abhängigkeit von der Position eines Magneten in Bezug auf den Nullpunkt des 3D-Hallsensors;

[0038] [Fig. 3](#) eine Weggeberanordnung gemäß der Erfindung;

[0039] [Fig. 4](#) den relativen Fehler für zwei Ausgangssignale und das Positionssignal in Abhängigkeit von der Position des Magneten in einer Weggeberanordnung gemäß der Erfindung;

[0040] [Fig. 5](#) den relativen Fehler für zwei Ausgangssignale und das Positionssignal in Abhängigkeit von der Position des Magneten in einer Weggeberanordnung, die nicht gemäß der Erfindung ist, da der zulässige Gesamtfehler überschritten wird;

[0041] [Fig. 6](#) den Übergang von dem nichtüberlappenden Teil eines Wegmessbereiches in den Überlappungsbereich zweier Wegmessbereiche sowie mögliche Verläufe des Positionssignals im Überlappungsbereich.

[0042] Die Erfindung soll im Folgenden mit Bezug auf die Figuren näher beschrieben werden.

[0043] [Fig. 3](#) zeigt eine Weggeberanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung. Die zwei in Reihe befindlichen 3D-Hallsensoren **201** und **202** sind ortsfest auf einer Leiterplatte **200** montiert, während der Magnet **203**, der vorzugsweise ein Permanentmagnet ist, entlang der Bewegungsachse **204** in Bezug auf die zwei Hallsensoren verschoben werden kann. Dabei ist die Nord-Süd-Achse des Magneten **203** parallel zu der Bewegungsachse **204** orientiert. Diese Orientierung ist jedoch nicht zwingend. Grundsätzlich lässt sich die vorliegende Erfindung auch dann realisieren, wenn die Nord-Süd-Achse des Magneten eine andere Orientierung aufweist, beispielsweise quer zur Bewegungsachse.

[0044] Der Magnet kann aus dem in [Fig. 3](#) gezeigten Referenzpunkt **205** heraus verschoben werden. Dabei detektiert der 3D-Hallsensor, in dessen Nähe sich der Magnet befindet, mindestens zwei orthogonale Magnetfeldkomponenten und erzeugt ein Ausgangssignal, das in einem begrenzten Bereich um den Nullpunkt des 3D-Hallsensors herum linear verläuft. Das von dem 3D-Hallsensor ausgegebene Ausgangssignal kann beispielsweise ein analoges Signal wie Spannungssignal, ein Stromsignal oder ein pulswidenmoduliertes Signal sein, oder als digitales Signal über einen Bus oder eine andere digitale Schnittstelle ausgegeben werden.

[0045] Die [Fig. 2](#) zeigt das Ausgangssignal **102** eines 3D-Hallsensors in Abhängigkeit von der Position des Magneten relativ zum Nullpunkt des 3D-Hallsensors. Die Messgenauigkeit des Ausgangssignals nimmt ab, je weiter der Magnet vom Nullpunkt entfernt ist. Dadurch wird der Wegmessbereich des 3D-Hallsensors eingeschränkt. Am Ende des Wegmessbereichs wird die Messgenauigkeit des Ausgangssignals geringer bzw. der Messfehler höher. Wird der Magnet über einen bestimmten Punkt hinaus bewegt, ist das Ausgangssignal des 3D-Hallsensors nicht mehr sinnvoll verwertbar.

[0046] Der Weggeber gemäß der Erfindung weist einen Wegmessbereich auf, der beinahe um ein Vielfaches höher ist als der Wegmessbereich eines einzelnen 3D-Hallsensors. Erfindungsgemäß wird das realisiert durch Anordnen von mehreren 3D-Hallsensoren parallel zur Bewegungsachse des Magneten. Dabei werden die 3D-Hallsensoren so angeordnet, dass sich die Wegmessbereiche benachbarter 3D-Hallsensoren überlappen, so wie im unteren Teil der [Fig. 3](#) dargestellt.

[0047] In [Fig. 3](#) werden die Ausgangssignale **206** und **207** der Hallsensoren **201** und **202** in Abhängigkeit von der Position des Magneten dargestellt. Die Ausgangssignale **206** und **207**, und damit auch die den 3D-Hallsensoren **201** und **202** zugehörigen Wegmessbereiche, überlappen sich in dem Überlappungsbereich **208**. Dabei werden die sich überlappenden Endbereiche **209** und **210** so gewählt, dass zumindest in einem Teil

eines jeden Endbereiches das jeweilige Ausgangssignal einen Messfehler aufweist, der unter einem maximal tolerierbaren Fehler liegt. Diese Überlappung gewährleistet, dass die beiden benachbarten 3D-Hallsensoren in dem Überlappungsbereich ein sinnvoll verwertbares Ausgangssignal ausgeben, und somit die Weginformation im Überlappungsbereich vom 3D-Hallsensor **201** auf den 3D-Hallsensor **202** übertragen werden kann.

[0048] Damit die beiden Ausgangssignale **206** und **207** die Position des Magneten relativ zu dem Referenzpunkt **205** eindeutig bestimmen, muss das Ausgangssignal des 3D-Hallsensors **202** mit einem Offset korrigiert werden, und zwar so, dass im Überlappungsbereich kein Sprung zwischen den beiden Ausgangssignalen **206** und **207** existiert. Vorzugsweise stehen die Ausgangssignale **206** und **207** in Verlängerung zueinander. Im Überlappungsbereich lässt sich durch Verwendung des Ausgangssignals **206** und des Offset korrigierten Ausgangssignals **207** die Position des Magneten auch dann im Rahmen eines tolerierbaren Fehlers angeben, wenn die Messgenauigkeit der Ausgangssignale **206** und **207** den maximal tolerierbaren Fehler in Teilen des Überlappungsbereiches übersteigen. Hierfür müssen jedoch, wie in den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) gezeigt, die sich im Überlappungsbereich überlappenden Endbereiche der Ausgangssignale **206** und **207** entsprechend gewählt werden.

[0049] Die [Fig. 4](#) zeigt die Verläufe des relativen Fehlers für die Ausgangssignale **206** und **207** sowie den Verlauf des Gesamtfehlers des Positionssignals in einer Weggeberanordnung gemäß der Erfindung. Die Bezugszeichen **401**, **402** und **403** beziehen sich auf den relativen Fehler des Ausgangssignals **206**, den relativen Fehler des Ausgangssignals **207** bzw. den Gesamtfehler des Positionssignals. Das Positionssignal gibt die Position des Magneten relativ zum Referenzpunkt **205** an, und wird anhand der Ausgangssignale **206** und **207**, wie weiter unten beschrieben, gebildet. Der relative Fehler **401** bleibt klein in einem begrenzten Bereich um den Nullpunkt **211** herum, und steigt in den Endbereichen des Wegmessbereichs schnell an. Im Überlappungsbereich liegt der relative Fehler **401** zunächst unter dem maximal tolerierbaren Fehler **404**, übersteigt diesen aber ab einem gewissen Abstand vom Nullpunkt **211**. Entsprechendes gilt für den relativen Fehler **403**.

[0050] Der Gesamtfehler **403** nimmt außerhalb des Überlappungsbereichs im Wesentlichen den Verlauf der relativen Fehler **401** und **402** an. Im Überlappungsbereich liegt der Gesamtfehler **403** immer unter dem maximal tolerierbaren Fehler **404**.

[0051] Die [Fig. 5](#) zeigt die Verläufe des relativen Fehlers für die Ausgangssignale **206** und **207** sowie den Verlauf des Gesamtfehlers des Positionssignals in einer Weggeberanordnung, die nicht gemäß der Erfindung ist. Die Bezugszeichen **401**, **502** und **503** beziehen sich auf den relativen Fehler des Ausgangssignals **206**, den relativen Fehler des Ausgangssignals **207** bzw. den Gesamtfehler des Positionssignals. Die Verläufe des relativen Fehlers **401** in den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) unterscheiden sich kaum. Der Verlauf des relativen Fehlers **502** unterscheidet sich von dem Verlauf des relativen Fehlers **402** in [Fig. 4](#) dadurch, dass er entlang der Wegrichtung verschoben ist. Das hat zur Folge, dass der Gesamtfehler **503** im Überlappungsbereich einen anderen Verlauf aufweist als der Gesamtfehler **403** in [Fig. 4](#). Zudem übersteigt der Gesamtfehler **503** im Überlappungsbereich den maximal tolerierbaren Fehler.

[0052] Die in der [Fig. 5](#) sich überlappenden Endbereiche der Ausgangssignale **201** und **202** gewährleisten nicht, dass der Gesamtfehler **503** in allen Punkten des Überlappungsbereichs unterhalb des maximal tolerierbaren Fehlers bleibt. Die [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) zeigen, dass der Verlauf des Gesamtfehlers des Positionssignals im Überlappungsbereich von der Wahl der sich überlappenden Endbereiche abhängt. Insbesondere bestimmt die Wahl der sich überlappenden Endbereiche, ob der Gesamtfehler des Positionssignals im Überlappungsbereich unterhalb des maximal tolerierbaren Fehlers liegt oder nicht. Liegen die sich überlappenden Endbereiche zu weit von den jeweiligen Nullpunkten entfernt, so kann der Gesamtfehler des Positionssignals im Überlappungsbereich nicht unterhalb des maximal tolerierbaren Fehlers gehalten werden.

[0053] Der Verlauf des Gesamtfehlers des Positionssignals im Überlappungsbereich hängt auch von der Art ab, wie das Positionssignal anhand der Ausgangssignale **201** und **202** im Überlappungsbereich gebildet wird.

[0054] Gemäß der vorliegenden Erfindung werden die sich im Überlappungsbereich überlappenden Endbereiche der Ausgangssignale **201** und **202** so gewählt, dass der Gesamtfehler des anhand der Ausgangssignale **201** und **202** gebildeten Positionssignals im Überlappungsbereich kleiner als der maximal tolerierbare Fehler ist.

[0055] Da der Gesamtfehler des Positionssignals im Überlappungsbereich auch von der Art abhängt, wie das Positionssignal im Überlappungsbereich gebildet wird, wird man, je nachdem wie das Positionssignal aus den Ausgangssignalen **206** und **207** gebildet wird, unterschiedliche sich überlappende Endbereiche der Ausgangs-

signale **206** und **207** wählen müssen, um zu gewährleisten, dass der Gesamtfehler des Positionssignals im Überlappungsbereich kleiner als der maximal tolerierbare Fehler ist.

[0056] Im Folgenden wird nun beschrieben, wie der Weggeber gemäß der vorliegenden Erfindung das Positionssignal bildet. Das Positionssignal gibt die Position des Magneten relativ zu dem Referenzpunkt **205** an, dabei existiert eine eindeutige Zuordnung zwischen einem Positionssignalwert und einer Position des Magneten relativ zu dem Referenzpunkt **205**. Vorzugsweise besteht zwischen dem Positionssignal und der Position eines Magneten relativ zum Referenzpunkt ein linearer Zusammenhang über den gesamten Wegmessbereich des Weggebers hinweg.

[0057] Der Wegmessbereich in dem sich der Referenzpunkt befindet, im folgenden auch als Referenzbereich bezeichnet, ist der Wegmessbereich, in welchem der Magnet beim Start der ersten Inbetriebnahme stehen wird. Der Wegmessbereich, der als Referenzbereich dient, ist abhängig von der Applikation, in welche der Weggeber eingesetzt wird. In der in der [Fig. 3](#) gezeigten Weggeberanordnung dient der Wegmessbereich des 3D-Hallsensors **201** als Referenzbereich. Es kann aber auch der Wegmessbereich des 3D-Hallsensors **202** oder der Überlappungsbereich **208** als Referenzbereich dienen. Liegt der Referenzbereich im Überlappungsbereich, kann es beim ersten Übergang in die sich nicht überlappenden Bereiche zu einem unsauberen bzw. un stetigen Verlauf des Positionssignals kommen. Diese Unstetigkeit im Verlauf des Positionssignals kann jedoch unter Zuhilfenahme einer Anlernroutine, wie sie weiter unten beschrieben wird, beseitigt werden. Im folgenden wird nur der Fall beschrieben, in dem der Referenzpunkt **205** in dem Wegmessbereich des 3D-Hallsensors **201** liegt. Dieser Fall ist in der [Fig. 3](#) dargestellt. Für den Fall, dass sich der Referenzpunkt im Wegmessbereich des 3D-Hallsensors **202** befindet, gilt entsprechendes.

[0058] Für die Berechnung des Positionssignals weist der Weggeber gemäß der Erfindung eine Berechnungseinheit auf, die unter drei Zuständen unterscheidet. Der erste Zustand bezieht sich auf den Fall, dass sich der Magnet im nicht überlappenden Teil des Referenzbereiches befindet. Bezogen auf die in der [Fig. 3](#) dargestellte Weggeberanordnung ist das der Fall, wenn sich der Magnet im Wegmessbereich des 3D-Hallsensors **201** befindet. Der zweite Zustand bezieht sich auf den Fall, dass sich der Magnet in einem Überlappungsbereich befindet. Und der dritte Zustand bezieht sich auf den Fall, dass sich der Magnet in dem sich nicht überlappenden Teil eines Wegmessbereichs befindet, der kein Referenzbereich ist. Bezogen auf die in der [Fig. 3](#) dargestellte Weggeberanordnung, ist das der Fall, wenn sich der Magnet im Wegmessbereich des 3D-Hallsensors **202** befindet.

[0059] Die Berechnungseinheit berechnet das Positionssignal abhängig von dem Zustand, in dem sich der Weggeber gerade befindet.

[0060] Im ersten Zustand wird das Positionssignal anhand des Ausgangssignals bestimmt, das von dem 3D-Hallsensor des Referenzbereichs ausgegeben wird. Vorzugsweise ist das berechnete Positionssignal gleich dem Ausgangssignal, das von dem 3D-Hallsensor des Referenzbereichs ausgegeben wird. Bezogen auf die in der [Fig. 3](#) dargestellte Weggeberanordnung gilt:

$$\text{Pos}_{\text{Signal}} = \text{Pos}_{\text{IC1}},$$

wobei $\text{Pos}_{\text{Signal}}$ das Positionssignal ist, und Pos_{IC1} , das von dem 3D-Hallsensor **201** ausgegebene Ausgangssignal ist.

[0061] Im zweiten Zustand bestimmt die Berechnungseinheit das Positionssignal anhand der Ausgangssignale, die von den zwei 3D-Hallsensoren ausgegeben werden, deren Wegmessbereiche sich in dem Überlappungsbereich überlappen. Jedoch wird das von einem 3D-Hallsensor ausgegebene Ausgangssignal, dessen Wegmessbereich nicht der Referenzbereich ist, mit einem Offset korrigiert, um die Differenz zwischen den beiden im Überlappungsbereich ausgegebenen Ausgangssignalen zu kompensieren. Ist keiner der sich im Überlappungsbereich überlappenden Wegmessbereiche ein Referenzbereich, so werden beide Ausgangssignale mit einem eigenen Offset korrigiert. Bezogen auf die in der [Fig. 3](#) dargestellte Weggeberanordnung, wird das Positionssignal anhand des Ausgangssignals des 3D-Hallsensors **201** und des Ausgangssignals des 3D-Hallsensors **202** bestimmt. Dabei wird das Ausgangssignal des 3D-Hallsensors **202** mit einem Offset korrigiert, um es im Überlappungsbereich an das Ausgangssignal des 3D-Hallsensors **201** anzugleichen. Die Verfahren nach denen der Offset ermittelt werden kann, werden später noch beschrieben.

[0062] Im dritten Zustand bestimmt die Berechnungseinheit das Positionssignal anhand des Ausgangssignals, das von einem 3D-Hallsensor ausgegeben wird, dessen Wegmessbereich kein Referenzbereich ist. Jedoch

wird dieses Ausgangssignal noch mit einem Offset korrigiert, um es im Überlappungsbereich an das Ausgangssignal eines benachbarten Wegmessbereiches anzugleichen. Bezogen auf die in der [Fig. 3](#) gezeigte Weggeberanordnung gilt:

$$Pos_{Signal} = Pos_{IC2} + x_{offset},$$

wobei Pos_{Signal} das Positionssignal ist, Pos_{IC2} das von dem 3D-Hallsensor **202** ausgegebene Ausgangssignal **207** ist, und x_{offset} der Offset ist, mit dem das Ausgangssignal **207** korrigiert wird, um die beiden im Überlappungsbereich von den 3D-Hallsensoren **201** und **202** ausgegebenen Ausgangssignale aneinander anzugleichen.

[0063] Die [Fig. 6](#) zeigt den Überlappungsbereich zwischen einem ersten Wegmessbereich und einem zweiten Wegmessbereich, sowie mehrere Verläufe des Positionssignals innerhalb des Überlappungsbereichs. Der Übergang von dem nicht überlappenden Teil des ersten Wegmessbereichs in den Überlappungsbereich erfolgt an der Position x_{tz0} , und der Übergang von dem Überlappungsbereich in den nicht überlappenden Teil des zweiten Wegmessbereichs erfolgt an der Position x_{tz1} . Die [Fig. 6](#) zeigt die beiden Fälle, in denen das Positionssignal im Überlappungsbereich steigt bzw. fällt. Das Umschwenken (der Übergang) von dem im ersten Wegmessbereich ausgegebenen Positionssignal zu dem im zweiten Wegmessbereich ausgegebenen Positionssignal erfolgt im Überlappungsbereich. Sowohl bei steigendem als auch bei fallendem Positionssignal im Überlappungsbereich kann das Umschwenken sprunghaft oder sanft (stetig) erfolgen.

[0064] Erfindungsgemäß wird ein sprunghaftes Umschwenken realisiert, indem zwischen diesen beiden Positionssignalen, das Positionssignal mit der größten Messgenauigkeit ausgewählt wird. Liegt die Messgenauigkeit der so ausgewählten Positionssignalwerte im Rahmen des maximal tolerierbaren Fehlers, lässt sich auch dann ein im Rahmen des maximal tolerierbaren Fehlers liegendes Positionssignal bilden, wenn die Messgenauigkeit der beiden im Überlappungsbereich ausgegebenen Positionssignale/Ausgangssignale in Teilen des Überlappungsbereichs nicht im Rahmen des maximal tolerierbaren Fehlers liegt. Bezogen auf die in der [Fig. 3](#) gezeigte Weggeberanordnung, erfolgt das Umschwenken von dem Ausgangssignal **206** zu dem mit einem Offset korrigierten Ausgangssignal **207**, in dem zwischen den Signalwerten dieser beiden Signale, diejenigen ausgewählt werden, deren Messgenauigkeit am größten ist.

[0065] Erfindungsgemäß lässt sich ein sanfter/stetiger Übergang (Umschwenken) erreichen, indem das für den Überlappungsbereich berechnete Positionssignal anhand eines gewichteten Mittelwerts zwischen den im Überlappungsbereich ausgegebenen Ausgangssignalen gebildet wird. Ausgangssignale, die sich nicht auf einen Referenzbereich beziehen, müssen vorher mit einem entsprechenden Offset korrigiert werden. Beim Bilden des Mittelwerts hängt die Gewichtung eines Ausgangssignals von der Position im Überlappungsbereich ab, für die das Positionssignal berechnet wird. Vorzugsweise fällt die Gewichtung des im ersten Wegmessbereich ausgegebenen Ausgangssignals mit zunehmendem Abstand von der Position x_{tz0} ab. Ebenso fällt die Gewichtung des im zweiten Wegmessbereich ausgegebenen Ausgangssignals mit zunehmendem Abstand von x_{tz1} ab.

[0066] Bezogen auf die in der [Fig. 3](#) dargestellte Weggeberanordnung, lässt sich ein sanfter Übergang (Umschwenken) von dem Ausgangssignal **206** zu dem mit einem Offset korrigierten Ausgangssignal **207** durch folgende Mittelwertbildung erreichen:

$$Pos_{Signal} = Pos_{IC1} \cdot \frac{Pos_{IC1} - x_{tz1}}{x_{tz0} - x_{tz1}} + (Pos_{IC2} + x_{offset}) \cdot \frac{Pos_{IC2} + x_{offset} - x_{tz0}}{x_{tz1} - x_{tz0}};$$

dabei ist:

Pos_{Signal} das für die Position pos im Überlappungsbereich berechnete Positionssignal;

Pos_{IC1} der an der Position pos des Überlappungsbereichs von dem Hallsensor **201** ausgegebene Ausgangssignalwert;

Pos_{IC2} der an der Position pos des Überlappungsbereichs von dem Hallsensor **202** ausgegebene Ausgangssignalwert; und

x_{offset} der Offset mit dem das zweite Ausgangssignal **207** korrigiert wird um dieses im Überlappungsbereich an das Ausgangssignal **206** anzugleichen.

[0067] Die Signalwerte der Signale Pos_{Signal} , Pos_{IC1} , Pos_{IC2} , x_{offset} , x_{tz0} und x_{tz1} müssen in denselben physikalischen Einheiten angegeben werden. Vorzugsweise werden diese in Weeinheiten (mm, cm) angegeben.

[0068] Das Bilden des Positionssignals aufgrund eines gewichteten Mittelwertes zwischen dem Ausgangssignal **206** und dem Offset korrigierten Ausgangssignal **207**, führt nicht nur zu einem sanften Verlauf des Positionssignals im Überlappungsbereich, sondern ermöglicht auch das Bilden eines Positionssignals, dessen Messgenauigkeit im Rahmen des maximal tolerierbaren Fehlers liegt, selbst dann, wenn, wie in [Fig. 4](#) gezeigt, die Messgenauigkeiten der Ausgangssignale **206** und **207** den maximal tolerierbaren Fehler in Teilen des Überlappungsbereichs deutlich überschreiten.

[0069] Diese Vorteile lassen sich auch dann erreichen, wenn, wie in [Fig. 6](#) gezeigt, das Positionssignal im Überlappungsbereich den Verlauf einer S-Kurve, einer Parabel, oder einer e-Funktion aufweist. Prinzipiell kann die Kurvenform beliebig sein, weist aber eine monotone Steigung auf. Die Kurvenform kann z. B. mittels einer Look-Up-Tabelle implementiert werden.

[0070] Als nächstes wird nun beschrieben, wie der Offset eines Ausgangssignals bestimmt wird.

[0071] Der Offset kann in dem Weggeber gemäß der Erfindung anhand der geometrischen Anordnung der auf der Leiterplatte montierten Hallsensoren und der Kennlinie der Hallsensoren (welche das Ausgangssignal in Abhängigkeit von der Position des Magneten relativ zu dem Nullpunkt angibt) bestimmt werden. Dabei wird aus dem Leiterplattenlayout des Weggebers der Abstand zwischen zwei benachbarten Hallsensoren ermittelt, die Grenzen x_{tz0} und x_{tz1} des Überlappungsbereichs festgelegt, und anhand der Kennlinien die Differenz zwischen den Ausgangssignalen benachbarter Hallsensoren an der Stelle x_{tz0} oder x_{tz1} bestimmt.

[0072] Sind die Grenzen x_{tz0} und x_{tz1} für eine Applikation erst einmal festgelegt, so werden diese in eine Speichereinheit hinterlegt und ändern sich nicht mehr im Laufe der Zeit. Die Grenzen x_{tz0} und x_{tz1} können aber von Applikation zu Applikation, je nach Bedarf, unterschiedlich gewählt werden.

[0073] Beim Erstellen des Leiterplattenlayouts bzw. Systemlayouts muss darauf geachtet werden, dass der Abstand zwischen zwei Hallsensoren nicht zu groß ist, bzw. dass die Ausgangssignale der Hallsensoren im Überlappungsbereich, zumindest in Teilen des Überlappungsbereichs, noch ein sinnvoll verwertbares Messergebnis liefern, d. h. dass das Ausgangssignal mit der Position des Magneten relativ zum Nullpunkt korreliert. Ebenso muss beim Festlegen der Grenzen x_{tz0} und x_{tz1} darauf geachtet werden, dass die Messgenauigkeit der Ausgangssignale im Überlappungsbereich groß genug ist, um das Bilden eines Positionssignals zu ermöglichen, dessen Gesamtfehler im Rahmen des maximal tolerierbaren Fehlers liegt. Der Offset lässt sich dann mit höchster Genauigkeit bestimmen, wenn die sich an einer Grenze des Überlappungsbereichs, x_{tz0} oder x_{tz1} , überlappenden Kennlinien noch linear sind.

[0074] Bei der Offsetbildung muss unterschieden werden, ob einer der sich überlappenden Wegmessbereiche ein Referenzbereich ist oder nicht.

[0075] Beispielsweise ist der erste der in [Fig. 6](#) sich überlappenden Wegmessbereiche ein Referenzbereich, so ist der Offset für das Ausgangssignal des zweiten Wegmessbereich gleich der Differenz zwischen den an dem Übergang x_{tz0} ausgegebenen Ausgangssignalen. Alternativ dazu kann hierfür die Differenz verwendet werden, die an x_{tz1} gebildet wurde.

[0076] Ist keiner der sich in [Fig. 6](#) überlappenden Wegmessbereiche ein Referenzbereich, so ist der Offset gleich der Summe der Differenzen, die an allen Übergängen x_{tz0} gebildet wurden, die zwischen dem Referenzbereich und dem Wegmessbereich liegen, für dessen Ausgangssignal der Offset bestimmt werden soll. Alternativ dazu können hierfür die Differenzen verwendet werden, die an x_{tz1} gebildet wurden.

[0077] Ein Offset der nach dem obigen Verfahren bestimmt wird, wird in einer Speichereinheit des Weggebers hinterlegt und ändert sich nicht mehr im Laufe der Zeit.

[0078] Bei der Herstellung des erfindungsgemäßen Weggebers wird eine oder mehrere Leiterplatten mit einer Vielzahl von Hallsensoren bestückt. Dabei wird für jeden Hallsensor eine Sollposition auf der Leiterplatte vorgegeben und versucht, den Hallsensor gemäß der vorgegebenen Sollposition auf der Leiterplatte zu montieren. Beim Bestücken der Leiterplatte mit 3D-Hallsensoren lässt sich die Sollposition nur in etwa erreichen, so dass es zu Abweichungen zwischen der tatsächlichen Position des 3D-Hallsensors auf der Leiterplatte und seiner Sollposition kommt. Ist die Vielzahl der Hallsensoren auf mehrere Leiterplatten verteilt, so kann es durch ungenaues Positionieren zweier benachbarter Leiterplatten zueinander zu einer Verschiebung der auf einer Leiterplatte befindlichen Hallsensoren relativ zu den Hallsensoren kommen, die sich auf der benachbarten Leiterplatte befinden, was ebenfalls einer Abweichung von der Sollposition gleichkommt.

[0079] Existiert keine Abweichung zwischen Sollposition und tatsächlicher Position des Hallsensors, so lässt sich der Offset eines Ausgangssignals nach dem oben beschriebenen Verfahren bestimmen. Weicht jedoch die tatsächliche Position bzw. Ausrichtung eines 3D-Hallsensors von seiner Sollposition ab, dann führt das zu einer Änderung der sich überlappenden Bereiche seines Wegmessbereichs. Das Bestimmen eines Offsets nach dem oben beschriebenen Verfahren muss diese Änderung berücksichtigen. Das ist sehr aufwendig, da diese für jedes einzelne gefertigte System unterschiedlich ist und insbesondere dann, wenn die tatsächliche Position mehrere Hallsensoren von ihrer Sollposition abweicht.

[0080] Deswegen besteht Bedarf nach einem Verfahren, das den Offset an einer der beiden Grenzen (Übergänge) x_{tz0} und x_{tz1} automatisch bestimmt. Gemäß diesem Verfahren (im folgenden auch als Anlernroutine bezeichnet) wird der Magnet von einem sich nicht überlappenden Teil eines Wegmessbereichs kommend über einen der beiden Übergänge x_{tz0} und x_{tz1} geführt, an dem Übergang, an dem der Magnet vorbeigeführt wurde, die ausgegebenen Ausgangssignalwerte Pos_{IC1} und Pos_{IC2} detektiert, und die Differenz zwischen diesen beiden Ausgangssignalwerten gebildet.

[0081] Auch bei diesem Verfahren muss bei der Offsetbildung unterschieden werden, ob einer der sich überlappenden Wegmessbereiche ein Referenzbereich ist oder nicht.

[0082] Beispielsweise ist der erste der in [Fig. 6](#) sich überlappenden Wegmessbereiche ein Referenzbereich, so ist der Offset für das Ausgangssignal des zweiten Wegmessbereich gleich der Differenz zwischen den an dem Übergang x_{tz0} ausgegebenen Ausgangssignalen. Alternativ dazu kann hierfür die Differenz verwendet werden, die an x_{tz1} gebildet wurde.

[0083] Ist keiner der sich in [Fig. 6](#) überlappenden Wegmessbereiche ein Referenzbereich, so ist der Offset gleich der Summe der Differenzen, die an allen Übergängen x_{tz0} gebildet wurden, die zwischen dem Referenzbereich und dem Wegmessbereich liegen, für dessen Ausgangssignal der Offset bestimmt werden soll. Alternativ dazu können hierfür die Differenzen verwendet werden, die an x_{tz1} gebildet wurden.

[0084] Auch kann der Offset für den zweiten Wegmessbereich in [Fig. 6](#) aus der Differenz zwischen dem am Übergang x_{tz0} ausgegebenen Positionssignalwert und dem Ausgangssignalwert bestimmt werden, der von dem Hallsensor des zweiten Wegmessbereiches am Übergang x_{tz0} ausgegeben wird. Alternativ dazu kann hierfür die entsprechende Differenz verwendet werden, die für x_{tz1} gebildet wurde.

[0085] Bezogen auf die in der [Fig. 3](#) dargestellte Weggeberanordnung, lässt sich der Offset des Ausgangssignals **207**, x_{Offset} , dann wie folgt berechnen:

$$x_{Offset} = Pos_{IC1} - Pos_{IC2}$$

[0086] Bei der Signalabtastung treten bei schnellen Bewegungen Unschärfen auf. Das heißt, die Ausgangssignalwerte Pos_{IC1} und Pos_{IC2} werden nicht genau an der Stelle x_{tz0} bzw. x_{tz1} detektiert, sondern kurz davor oder kurz danach. Diese Unschärfen nehmen mit zunehmender Geschwindigkeit des Magneten zu. Durch die Unschärfen bei der Signalabtastung wird die Genauigkeit eines Offsets, der nach der Anlernroutine bestimmt wird, beeinträchtigt.

[0087] Die Anlernroutine kann während der Fertigung jedes Einzelsystems aber auch erst während des Einsatzes in der Zielapplikation erfolgen.

[0088] Um die Genauigkeit eines Offset, der anhand der Anlernroutine bestimmt wird, zu erhöhen, wird erfindungsgemäß die Anlernroutine dahingehend erweitert, dass der Magnet mehrmals über ein und denselben Übergang x_{tz0} (oder x_{tz1}) geführt wird, und bei jedem Passieren des Übergangs die Ausgangssignalwerte Pos_{IC1} und Pos_{IC2} detektiert und in einer Speichereinheit nicht volatil gespeichert werden. Weil die Ausgangssignalwerte zu jedem Vorgang nicht flüchtig gespeichert werden müssen, sollte die Anzahl dieser Vorgänge beschränkt werden.

[0089] Der Einfluss der Signalabtastung auf die Genauigkeit der Offsetbestimmung wird durch eine Mittelwertbildung erheblich reduziert. Dabei können zuerst die Mittelwerte der an einem Übergang gespeicherten Ausgangssignalwerte Pos_{IC1} bzw. Pos_{IC2} gebildet werden, und danach die Differenz zwischen den so ermittelten Mittelwerten gebildet werden. Oder aber, man bildet zuerst die Differenz zwischen den Ausgangssignalwerten Pos_{IC1} und Pos_{IC2} die für ein und denselben Vorgang an einem Übergang detektiert wurden, und bildet danach den Mittelwert der Differenzen.

[0090] Für die Mittelwertbildung können mehrere Verfahren eingesetzt werden, beispielsweise Median, arithmetisches Mittel, geometrisches Mittel, quadratisches Mittel, etc.

[0091] Erfindungsgemäß lässt sich der Einfluss der Signalabtastung auf die Genauigkeit der Offsetbestimmung weiter reduzieren, wenn für die Bildung des Mittelwertes mehrerer Ausgangssignalwerte ein gewichteter Mittelwert verwendet wird, und die Gewichtung der Ausgangssignalwerte von der Geschwindigkeit des Magneten abhängt. In diesem Fall muss die Gewichtung mit dem jeweiligen Ausgangssignalwert gepaart abgespeichert werden.

[0092] Eine weitere Verbesserung der Genauigkeit der Offsetbildung wird erreicht, wenn die Ausgangssignalwerte, die bei zu hohen Geschwindigkeiten des Magneten erfasst wurden, in die Bildung des Mittelwertes, bzw. der Differenz nicht einfließen.

[0093] Die Mittelwertbildung lässt sich technisch einfacher und mit weniger Ressourcen umsetzen, wenn der Mittelwert ein gleitender Mittelwert ist.

[0094] Die Anlernroutine kann auch dann angewendet werden, wenn der Magnet beim ersten Überfahren eines der Übergänge x_{tz0} und x_{tz1} aus einem Überlappungsbereich oder einem Wegmessbereich kommt, der kein Referenzbereich ist. Beim ersten Überfahren des Übergangs muss jedoch auf gespeicherte Positionswerte zurückgegriffen werden. Diese können beispielsweise aufgrund der geometrischen Anordnung der 3D-Hallsensoren sowie deren Kennlinien ermittelt werden. Die Anlernmethode darf erst eingesetzt werden, wenn sich der Magnet zumindest einmal im nicht überlappenden Teil des Referenzbereichs befunden hat. Danach wird sie wie oben beschrieben angewandt.

[0095] Das Verfahren zur Bestimmung des Offsets aufgrund der geometrischen Anordnung der 3D-Hallsensoren und das Verfahren zur Bestimmung des Offsets mit Hilfe der Anlernmethode können miteinander kombiniert werden.

[0096] Die Prinzipien der vorliegenden Erfindung sind nicht auf eine Weggeberanordnung mit zwei 3D-Hallsensoren beschränkt, sondern lassen sich auch auf Weggeberanordnungen mit mehr als zwei 3D-Hallsensoren übertragen. Der Wegmessbereich eines beliebigen 3D-Hallsensors kann als Referenzbereich dienen.

[0097] Die Positionsinformationen können von den 3D-Hallsensoren in Form eines pulswellenmodulierten Signals, oder einer Analogspannung, oder eines Analogstroms, oder über ein digitales Protokoll (Sent, I²C, LIN, etc.) ausgegeben werden. Sofern die 3D-Hallsensoren nicht direkt die Position, sondern Winkelinformationen ausgeben, welche in eine Position umgerechnet werden, muss diese Berechnung vor der weiteren Verarbeitung der Daten gemäß der oben beschriebenen Verfahren durchgeführt werden. (Verfahren, um dies zu bewerkstelligen, sind bekannt).

[0098] Die Positionsinformationen werden erfindungsgemäß mittels eines Mikrorechners, Mikrokontrollers, digitalen Signalprozessors, etc. eingelesen und nach den beschriebenen Verfahren verarbeitet. Diese Recheneinheiten können auch in einem 3D-Hallsensor integriert sein. Die Recheneinheit gibt den Positionswert in Form eines pulswellenmodulierten Signals, oder einer Analogspannung, oder eines Analogstroms, oder über ein digitales Protokoll (SENT, I²C oder LIN, etc.) an übergeordnete Systeme aus.

[0099] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf den Einsatz von 3D-Hallsensoren beschränkt, sie kann auch bei Linear-Hall-Technologien angewendet werden. Weiterhin kann die vorliegende Erfindung auf Magnetfeldsensoren ausgeweitet werden, die für berührungslose Wegerfassung mittels ICs geeignet sind, beispielsweise Sensoren die auf dem Riesenmagnetowiderstand (GMR Sensoren) oder auf dem anisotropen magnetoresistiven Effekt (AMR-Sensoren) beruhen.

[0100] Der Weggeber der vorliegenden Erfindung kann bei berührungslosen Wegmessungen eingesetzt werden. Er hat den Vorteil, dass er einen viel größeren Wegerfassungsbereich aufweist als ein derzeit auf dem Markt befindlicher 3D-Hallsensor. Ein derzeit auf dem Markt befindlicher 3D-Hallsensor hat einen Wegerfassungsbereich von etwa 4 cm. Im Vergleich dazu weist ein Weggeber der vorliegenden Erfindung einen Wegerfassungsbereich von 7,8 cm auf, wenn er aus zwei 3D-Hallsensoren besteht. Im Falle eines Weggebers mit 3D-Hallsensoren wird der Wegerfassungsbereich sogar auf 11,6 cm gesteigert.

Bezugszeichen

100	3D-Hallsensor
101	Bewegungsachse des Magneten entlang eines 3D-Hallsensors
102	Ausgangssignal eines 3D-Hallsensors
103	Erstes Ende des Wegmessbereiches eines 3D-Hallsensors
104	Zweites Ende des Wegmessbereiches eines 3D-Hallsensors
200	Leiterplatte des Weggebers
201	Erster 3D-Hallsensor des Weggebers
202	Zweiter 3D-Hallsensor des Weggebers
203	Magnet
204	Bewegungsachse des Magneten entlang des Weggebers
205	Referenzpunkt
206	Ausgangssignal des ersten 3D-Hallsensors
207	Ausgangssignal des zweiten 3D-Hallsensors
208	Überlappungsbereich
209	Sich überlappenden Endbereich des ersten 3D-Hallsensors
210	Sich überlappenden Endbereich des zweiten 3D-Hallsensors
211	Nullpunkt des ersten 3D-Hallsensors
212	Nullpunkt des zweiten 3D-Hallsensors
401	Relativer Fehler des Ausgangssignals des ersten 3D-Hallsensors
402	Relativer Fehler des Ausgangssignals des zweiten 3D-Hallsensors
403	Relativer Gesamtfehler des Positionssignals in einem erfindungsgemäßen Weggeber
404	Maximal tolerierbarer Fehler
503	Relativer Gesamtfehler des Positionssignals in einem nicht erfindungsgemäßen Weggeber

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 6097183 [\[0009\]](#)

Patentansprüche

1. Weggeber zum berührungslosen Messen einer Position eines Magneten (203) relativ zu einem Referenzpunkt (205), welcher umfasst:
den Magneten (203), der entlang einer Bewegungsachse (204) verschiebbar ist,
eine Vielzahl von in Reihe befindlichen Magnetfeldsensoren (201, 202), die parallel zur Bewegungsachse (205) angeordnet ist, und
eine Berechnungseinheit für das Bilden eines Positionssignals, welches die Position des Magneten (203) relativ zu dem Referenzpunkt (205) angibt,
wobei jeder Magnetfeldsensor (201, 202) einen Nullpunkt (211, 212) und einen Wegmessbereich aufweist und so ausgebildet ist, dass er ein Ausgangssignal (206, 207) ausgibt, das eine Position des Magneten (203) relativ zum Nullpunkt des Magnetfeldsensors angibt, und die Genauigkeit, mit der das Ausgangssignal die Position des Magneten angibt, mit zunehmender Entfernung des Magneten vom Nullpunkt abnimmt,
die Vielzahl der in Reihe befindlichen Magnetfeldsensoren (201, 202) so angeordnet ist, dass sich die Wegmessbereiche von benachbarten Magnetfeldsensoren in einem Überlappungsbereich (208) überlappen, die Berechnungseinheit so ausgebildet ist, dass,
wenn die Position des Magneten (203) in einem Überlappungsbereich (208) enthalten ist, sie das Positionssignal anhand von Ausgangssignalen bildet, die von den Magnetfeldsensoren (201, 202) ausgegeben werden, deren Wegmessbereiche sich in dem Überlappungsbereich (208) überlappen, und
wenn die Position des Magneten (203) nicht in einem Überlappungsbereich enthalten ist, sie das Positionssignal anhand des Ausgangssignals bildet, das von dem Magnetfeldsensor ausgegeben wird, in dessen Wegmessbereich sich der Magnet befindet, und
der Überlappungsbereich (208) zwischen zwei Wegmessbereichen von benachbarten Magnetfeldsensoren (201, 202) so gewählt ist, dass der Gesamtfehler des von der Berechnungseinheit gebildeten Positionssignals in diesem Überlappungsbereich kleiner als ein maximal tolerierbarer Fehler ist.
2. Weggeber nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass, wenn die Position des Magneten in dem sich nicht überlappenden Teil eines Wegmessbereichs enthalten ist, ein linearer Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal des Magnetfeldsensors, der diesem Wegmessbereich entspricht, und der Position des Magneten relativ zum Nullpunkt dieses Magnetfeldsensors besteht.
3. Weggeber nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass, wenn die Position des Magneten in dem sich überlappenden Teil eines Wegmessbereichs enthalten ist, die Wiederholgenauigkeit und damit der lineare Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal des Magnetfeldsensors, der diesem Wegmessbereich entspricht, und der Position des Magneten relativ zum Nullpunkt dieses Magnetfeldsensors abnimmt.
4. Weggeber nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine Berechnungseinheit, die ferner so ausgebildet ist, dass sie am Übergang des Magneten aus dem sich nicht überlappenden Teil eines ersten Wegmessbereichs in den Überlappungsbereich des ersten Wegmessbereichs mit einem zweiten Wegmessbereich, die Differenz zwischen einem ersten Ausgangssignalwert und einem zweiten Ausgangssignalwert bildet, wobei der erste Ausgangssignalwert und der zweite Ausgangssignalwert am Übergang des Magneten aus dem sich nicht überlappenden Teil des ersten Wegmessbereichs in den Überlappungsbereich des ersten Wegmessbereichs mit dem zweiten Wegmessbereich, von einem ersten bzw. zweiten Magnetfeldsensor ausgegeben wird, und der erste Magnetfeldsensor dem ersten Wegmessbereich und der zweite Magnetfeldsensor dem zweiten Wegmessbereich entspricht.
5. Weggeber nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Überlappungsbereich, an dessen Übergang die Differenz zwischen einem ersten Ausgangssignalwert und einem zweiten Ausgangssignalwert gebildet wird, der von dem Referenzpunkt entferntere Überlappungsbereich des ersten Wegmessbereichs ist.
6. Weggeber nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch eine Berechnungseinheit, die ferner so ausgebildet ist, dass,
wenn die Position des Magneten in einem Überlappungsbereich zwischen einem ersten Wegmessbereich und einem zweiten Wegmessbereich enthalten ist, und der erste Wegmessbereich den Referenzpunkt enthält, sie das Positionssignal anhand eines ersten Ausgangssignals und eines mit einem Offset korrigierten zweiten Ausgangssignals bildet,
wenn die Position des Magneten in einem Überlappungsbereich zwischen einem ersten Wegmessbereich und einem zweiten Wegmessbereich enthalten ist, und der erste Wegmessbereich und der zweite Wegmessbereich

den Referenzpunkt nicht enthalten, sie das Positionssignal anhand eines mit einem ersten Offset korrigierten ersten Ausgangssignals und eines mit einem zweiten Offset korrigierten zweiten Ausgangssignals bildet, wobei das erste Ausgangssignal von einem dem ersten Wegmessbereich entsprechenden ersten Magnetfeldsensor ausgegeben wird, das zweite Ausgangssignal von einem dem zweiten Wegmessbereich entsprechenden zweiten Magnetfeldsensor ausgegeben wird, und der zweite Wegmessbereich weiter von dem Referenzpunkt entfernt ist als der erste Wegmessbereich, wenn die Position des Magneten in dem sich nicht überlappenden Teil des Wegmessbereiches enthalten ist, der den Referenzpunkt enthält, sie das Positionssignal anhand eines Ausgangssignals bildet, und wenn die Position des Magneten in dem sich nicht überlappenden Teil eines Wegmessbereiches enthalten ist, und nicht in dem Wegmessbereich enthalten ist, der den Referenzbereich und damit den Referenzpunkt enthält, sie das Positionssignal anhand eines mit einem Offset korrigierten Ausgangssignals bildet, wobei das Ausgangssignal von dem Magnetfeldsensor ausgegeben wird, in dessen Wegmessbereich sich der Magnet befindet.

7. Weggeber nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Offset für das Bilden des Positionssignals im Falle, dass die Position des Magneten in einem Überlappungsbereich zwischen einem ersten Wegmessbereich und einem zweiten Wegmessbereich enthalten ist, und der erste Wegmessbereich den Referenzpunkt enthält, gleich der Differenz zwischen einem ersten Ausgangssignalwert und einem zweiten Ausgangssignalwert ist, wobei die Differenz beim Übergang aus dem sich nicht überlappenden Teil des ersten Wegmessbereiches in den Überlappungsbereich, in dem sich die Position des Magneten befindet, gebildet wurde, der erste Offset und der zweite Offset für das Bilden des Positionssignals im Falle, dass die Position des Magneten in einem Überlappungsbereich zwischen einem ersten Wegmessbereich und einem zweiten Wegmessbereich enthalten ist, und der erste Wegmessbereich und der zweite Wegmessbereich den Referenzpunkt nicht enthalten, gleich dem Offset für das Bilden des Positionssignals in dem sich nicht überlappenden Teil des ersten Wegmessbereich ist, bzw. gleich der Summe von Differenzen zwischen einem ersten Ausgangssignalwert und einem zweiten Ausgangssignalwert ist, wobei die Differenzen bei allen Übergängen gebildet wurden, die zwischen dem den Referenzpunkt enthaltenden Wegmessbereich und dem Wegmessbereich liegen, für den der Offset bestimmt werden soll, und der Offset für das Bilden des Positionssignals im Falle, dass die Position des Magneten in dem sich nicht überlappenden Teil eines Wegmessbereiches enthalten ist, und nicht in dem Wegmessbereich enthalten ist, der den Referenzpunkt enthält, gleich dem zweiten Offset für das Bilden des Positionssignals in dem näher am Referenzpunkt liegenden Überlappungsbereich des Wegmessbereiches ist.

8. Weggeber nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Offset für das Bilden des Positionssignals im Falle, dass die Position des Magneten in einem Überlappungsbereich zwischen einem ersten Wegmessbereich und einem zweiten Wegmessbereich enthalten ist, und der erste Wegmessbereich den Referenzpunkt enthält, gleich der Differenz zwischen einem ersten Ausgangssignalwert und einem zweiten Ausgangssignalwert ist, wobei die Differenz beim Übergang aus dem sich nicht überlappenden Teil des ersten Wegmessbereiches in den Überlappungsbereich, in dem sich die Position des Magneten befindet, gebildet wurde, der erste Offset und der zweite Offset für das Bilden des Positionssignals im Falle, dass die Position des Magneten in einem Überlappungsbereich zwischen einem ersten Wegmessbereich und einem zweiten Wegmessbereich enthalten ist, und der erste Wegmessbereich und der zweite Wegmessbereich den Referenzpunkt nicht enthalten, gleich dem Offset für das Bilden des Positionssignals in dem sich nicht überlappenden Teil des ersten Wegmessbereich ist, bzw. gleich der Differenz zwischen einem Positionssignalwert und einem Ausgangssignalwert ist, wobei der Positionssignalwert und der Ausgangssignalwert beim Übergang des Magneten aus dem sich nicht überlappenden Teil des ersten Wegmessbereich in den Überlappungsbereich zwischen dem ersten Wegmessbereich und dem zweiten Wegmessbereich, von dem Weggeber bzw. dem Magnetfeldsensor, der dem zweiten Wegmessbereich entspricht, ausgegeben wird, und der Offset für das Bilden des Positionssignals im Falle, dass die Position des Magneten in dem sich nicht überlappenden Teil eines Wegmessbereiches enthalten ist, und nicht in dem Wegmessbereich enthalten ist, der den Referenzpunkt enthält, gleich dem zweiten Offset für das Bilden des Positionssignals in dem näher am Referenzpunkt liegenden Überlappungsbereich des Wegmessbereiches ist.

9. Weggeber nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Vielzahl der Magnetfeldsensoren auf einer Leiterplatte montiert ist, der Offset mit dem ein Ausgangssignal korrigiert wird, aufgrund der Kenntnis der Sollpositionen der Magnetfeldsensoren auf der Leiterplatte bestimmt wird, und der Offset in einer nichtflüchtigen Speichereinheit gespeichert wird.

10. Weggeber nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der beiden Ausgangssignalwerte, aus denen die Differenz gebildet wird, ein Mittelwert von mehreren Ausgangssignalwerten ist, die bei mehrmaligem Passieren des Magneten an ein und demselben Übergang ausgegeben und in einem nichtflüchtigen Speicher gespeichert werden.

11. Weggeber nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Positionssignalwert, anhand dessen die Differenz gebildet wird, ein Mittelwert von einem oder mehreren Positionssignalwertepaaren ist, die bei mehrmaligem Passieren des Magneten an ein und demselben Übergang ausgegeben und in einem nichtflüchtigen Speicher gespeichert werden, oder der Ausgangssignalwert, anhand dessen die Differenz gebildet wird, ein Mittelwert von einem oder mehreren Ausgangssignalwertepaaren ist, die bei mehrmaligem Passieren des Magneten an ein und demselben Übergang ausgegeben und in einem nichtflüchtigen Speicher gespeichert werden.

12. Weggeber nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Mittelwert ein gleitender Mittelwert ist.

13. Weggeber nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Mittelwert ein gewichteter Mittelwert ist, bei dem die Gewichtung eines Ausgangssignalwertes/Positionssignalwertes von der Geschwindigkeit des Magneten zum Zeitpunkt seiner Erzeugung abhängt, und der zweite Mittelwert ein gewichteter Mittelwert ist, bei dem die Gewichtung eines Ausgangssignalwertes von der Geschwindigkeit des Magneten zum Zeitpunkt seiner Erzeugung abhängt.

14. Weggeber nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Gewichtung mit zunehmender Geschwindigkeit des Magneten abnimmt, und Ausgangssignalwerte/Positionssignalwerte, die bei einer einen bestimmten Maximalwert übersteigenden Geschwindigkeit des Magneten generiert wurden, nicht zum Bilden des ersten bzw. zweiten Mittelwerts herangezogen werden.

15. Weggeber nach einem der Ansprüche 6 bis 14, gekennzeichnet durch eine Berechnungseinheit, die ferner so ausgebildet ist, dass sie dann, wenn die Position des Magneten im Überlappungsbereich zwischen einem ersten Wegmessbereich und einem zweiten Wegmessbereich enthalten ist, zwischen dem ersten Ausgangssignal und dem zweiten Ausgangssignal das Ausgangssignal mit der größten Genauigkeit auswählt, und zum Bilden des Positionssignals das ausgewählte Ausgangssignal benutzt.

16. Weggeber nach einem der Ansprüche 6 bis 14, gekennzeichnet durch eine Berechnungseinheit, die ferner so ausgebildet ist, dass, wenn die Position des Magneten im Überlappungsbereich zwischen einem ersten Wegmessbereich und einem zweiten Wegmessbereich enthalten ist, und der erste Wegmessbereich den Referenzpunkt enthält, sie einen gewichteten Mittelwert aus dem ersten Ausgangssignal und dem mit einem Offset korrigierten zweiten Ausgangssignal bildet, und wenn die Position des Magneten im Überlappungsbereich zwischen einem ersten Wegmessbereich und einem zweiten Wegmessbereich enthalten ist, und der erste und zweite Wegmessbereich den Referenzpunkt nicht enthalten, sie einen gewichteten Mittelwert aus dem mit einem ersten Offset korrigierten ersten Ausgangssignal und dem mit einem zweiten Offset korrigierten zweiten Ausgangssignal bildet, wobei die Gewichtung der Signale, aus denen der gewichtete Mittelwert gebildet wird, von der Position des Magneten im Überlappungsbereich abhängt, und zum Bilden des Positionssignals den gewichteten Mittelwert benutzt.

17. Weggeber nach einem der Ansprüche 6 bis 14, gekennzeichnet durch eine Berechnungseinheit, die ferner so ausgebildet ist, dass sie im Überlappungsbereich, ein Positionssignal bildet, das den Verlauf einer S-Kurve, oder einer Parabel, oder einer e-Funktion, oder eine beliebige Kurvenform mit monotoner Steigung aufweist.

18. Weggeber nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Magnetfeldsensor aus der Vielzahl der Magnetfeldsensoren ein 3D-Hallsensor oder ein Linear-Hall-Sensor ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

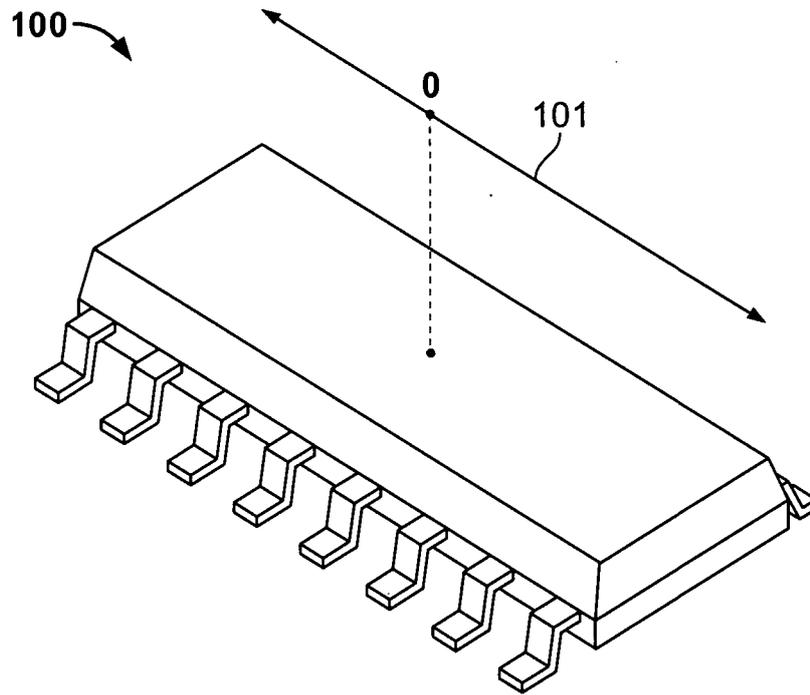


Fig. 1

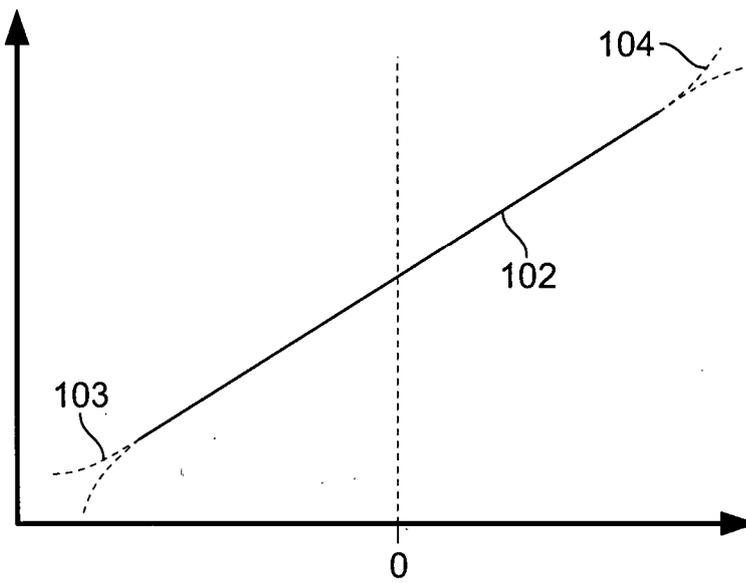


Fig. 2

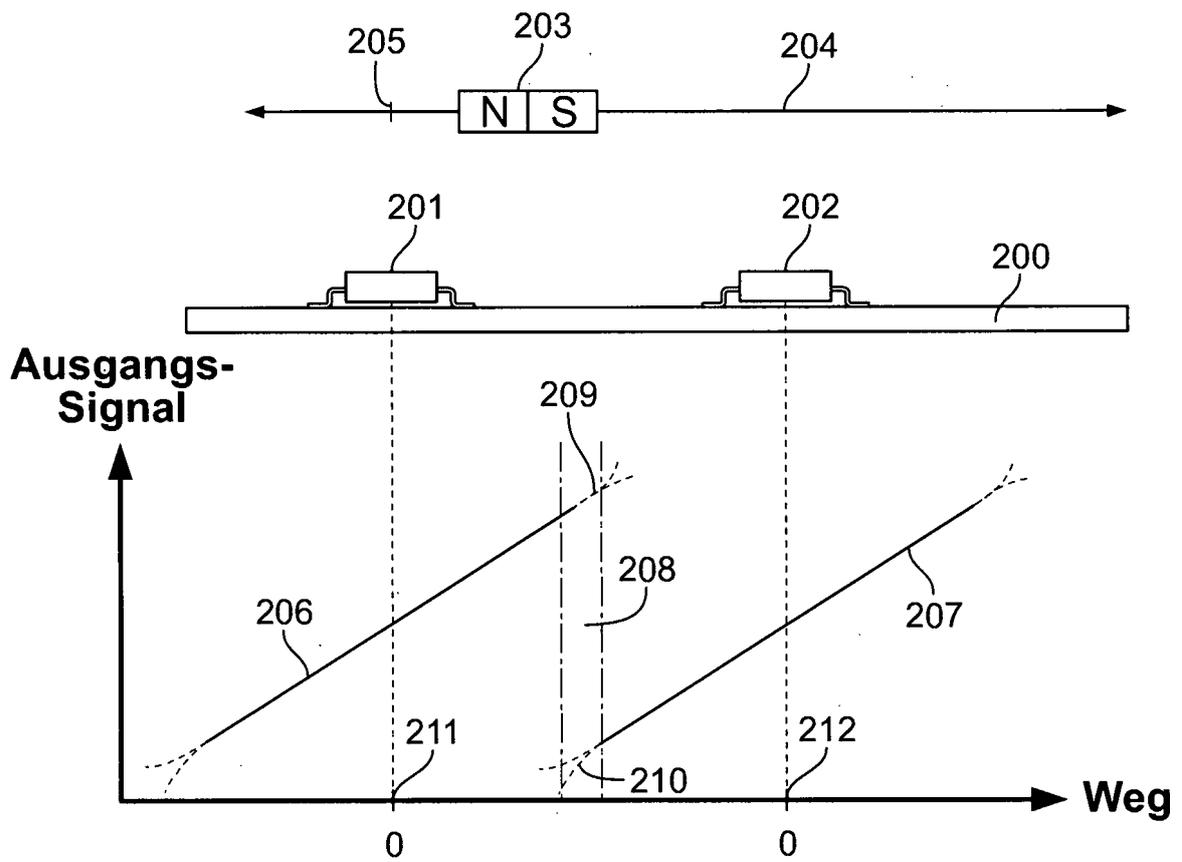


Fig. 3

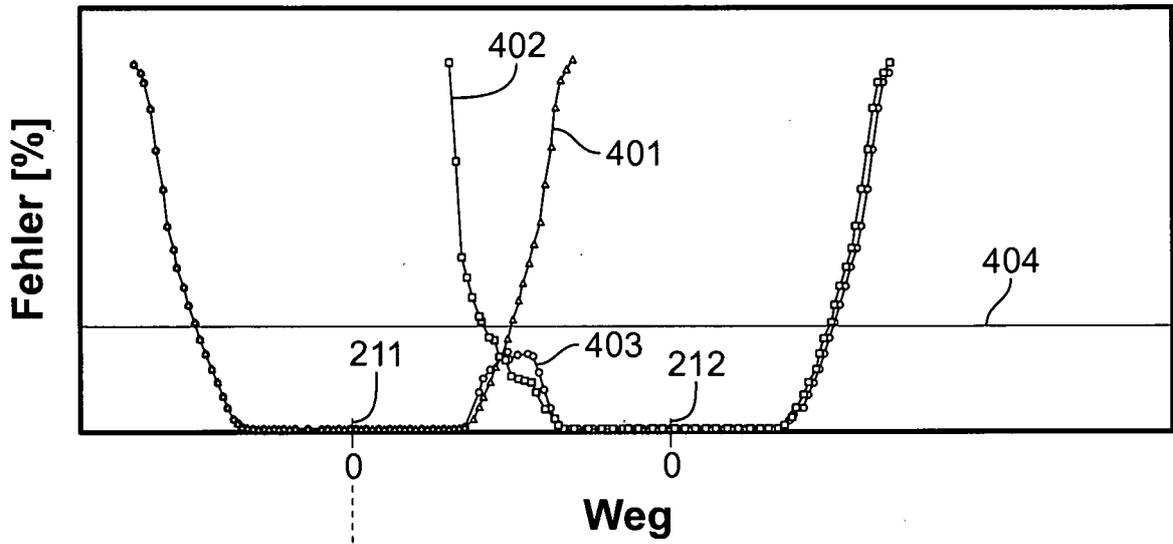


Fig. 4

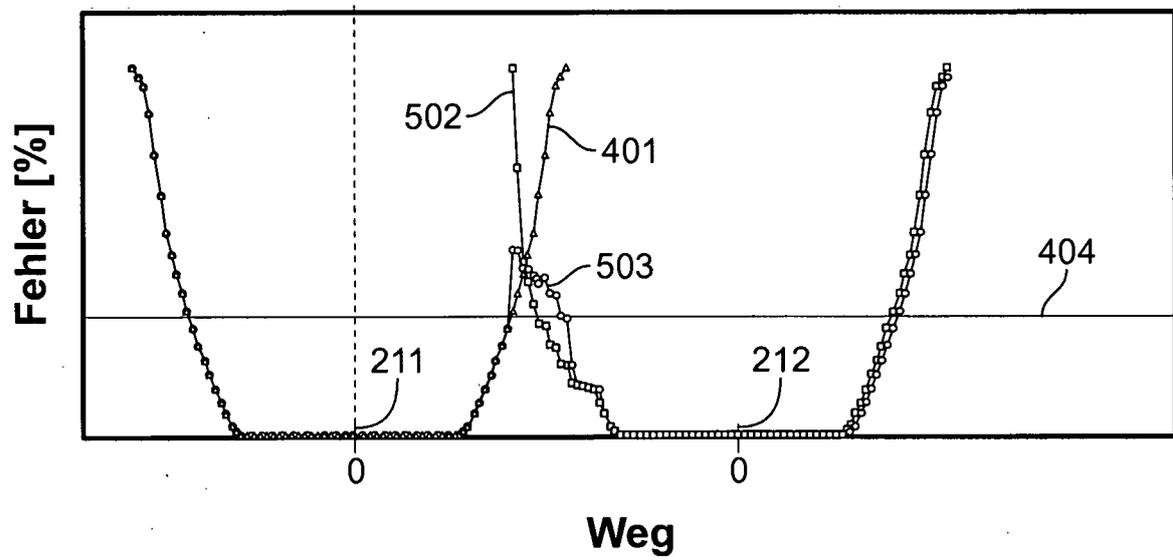


Fig. 5

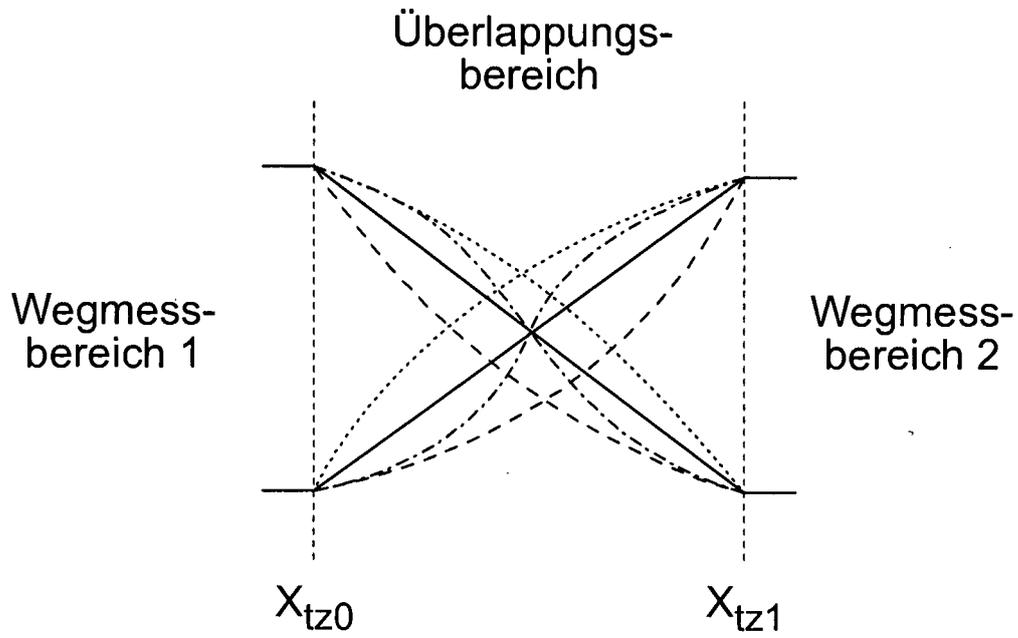


Fig. 6