



(10) **DE 10 2015 102 853 A1** 2016.09.01

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 102 853.0**  
 (22) Anmeldetag: **27.02.2015**  
 (43) Offenlegungstag: **01.09.2016**

(51) Int Cl.: **G01R 33/07 (2006.01)**  
**G01R 33/00 (2006.01)**  
**G01D 5/12 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Infineon Technologies AG, 85579 Neubiberg, DE**

(74) Vertreter:  
**Kraus & Weisert Patentanwälte PartGmbB, 80539 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Motz, Mario, Wernberg, AT; Scherr, Wolfgang, Villach, AT**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

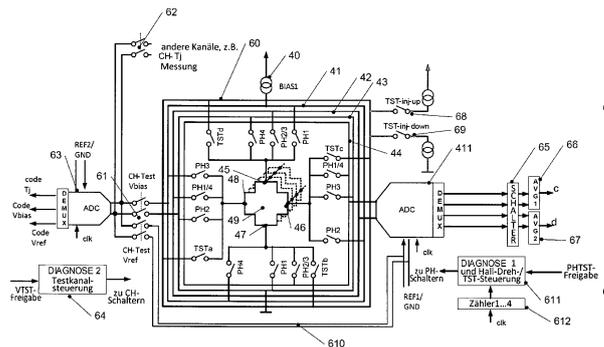
DE	102 04 427	A1
DE	10 2004 021 863	A1
DE	10 2014 113 213	A1
EP	0 548 391	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Magnetfeldsensor**

(57) Zusammenfassung: Es sind Vorrichtungen und Verfahren bereitgestellt, bei denen einem Magnetfeldsensor zugeordnete Schalter verwendet werden, um Fehlerinformation bereitzustellen.



**Beschreibung****ZUSAMMENFASSUNG****FACHBEREICH**

**[0001]** Die vorliegende Anmeldung betrifft Magnetfeldsensoren und entsprechende Verfahren.

**HINTERGRUND**

**[0002]** Magnetfeldsensoren werden in vielen Anwendungen verwendet, um ein Magnetfeld zu erfassen. Beispielsweise um eine Position oder eine Bewegung eines zu detektieren, kann ein Magnet an einem beweglichen Element wie einem Polrad oder einem linearen, beweglichen Element befestigt werden. Wenn sich das bewegliche Element bewegt, variiert ein durch den Magneten erzeugtes Magnetfeld, das durch einen Magnetfeldsensor detektiert werden kann. Solche Anordnungen können zum Beispiel verwendet werden, um eine Position, Geschwindigkeit, Manipulationsmagnetfeld in intelligenten Zählern oder eine Beschleunigung zu erfassen.

**[0003]** Manchmal werden solche Anordnungen und Magnetfeldsensoren in sicherheitskritischen Anwendungen eingesetzt, zum Beispiel im Automobilbereich. In solchen Anwendungen ist ein verläSSLicher Betrieb des Magnetfeldsensors wichtig. Außerdem kann es in solchen Anwendungen erforderlich sein, dass Störungen des Magnetfeldsensors detektierbar sind, sodass ein System, in dem der Magnetfeldsensor verwendet wird, zum Beispiel eine Störung des Magnetfeldsensors erkennen kann.

**[0004]** In herkömmlichen Ansätzen sind manchmal redundante Magnetfeldsensoren bereitgestellt, zum Beispiel ein Hauptmagnetfeldsensor und ein möglicherweise kleinerer Hilfsmagnetfeldsensor. Der Hauptmagnetfeldsensor und der Hilfsmagnetfeldsensor können auf dem gleichen Nacktchip bereitgestellt sein. In anderen Ansätzen können zwei getrennte Sensornacktchips in einem einzigen Gehäuse montiert sein. Ausgaben des Haupt- und Hilfsmagnetfeldsensors können verglichen werden, und wenn sie sich beispielsweise um mehr als einen vorbestimmten Schwellenwert unterscheiden, kann das einen Störungszustand anzeigen.

**[0005]** Auch wenn das Bereitstellen von zwei Sensoren dabei helfen kann, funktionelle Sicherheitsanforderungen zu erfüllen, erfordert jedoch das Bereitstellen von zwei Sensoren auch eine zusätzliche Chipfläche und verursacht daher zusätzliche Kosten.

**[0006]** Daher können alternative Möglichkeiten zum Erhalten von Information in Bezug auf eine mögliche Störung oder ein anderes Problem mit einem Magnetfeldsensor wünschenswert sein.

**[0007]** Gemäß einer Ausführungsform ist eine Vorrichtung wie in Anspruch 1 definiert bereitgestellt. Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist eine Vorrichtung wie in Anspruch 14 definiert bereitgestellt. Gemäß einer anderen Ausführungsform ist ein Verfahren wie in Anspruch 17 definiert bereitgestellt. Die abhängigen Ansprüche definieren weitere Ausführungsformen.

**KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN**

**[0008]** Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das eine Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht.

**[0009]** Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, das eine Vorrichtung veranschaulicht, die konfiguriert ist, um eine Spinning-Strom-Technik anzuwenden.

**[0010]** Fig. 3 ist ein Diagramm, das eine Spinning-Strom-Technik veranschaulicht.

**[0011]** Fig. 4 ist ein Schaltbild einer Magnetfeldsenservorrichtung, die konfiguriert ist, um eine Spinning-Strom-Technik anzuwenden.

**[0012]** Fig. 5 veranschaulicht Beispielsignale an einer Ausgabe eines Analog-Digital-Wandlers für den Magnetfeldsensor von Fig. 4.

**[0013]** Fig. 6 veranschaulicht eine Magnetfeldsenservorrichtung gemäß einer Ausführungsform.

**[0014]** Fig. 7 veranschaulicht eine Magnetfeldsenservorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform.

**[0015]** Fig. 8 veranschaulicht eine Magnetfeldsenservorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform.

**[0016]** Fig. 9 veranschaulicht eine Magnetfeldsenservorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform.

**[0017]** Fig. 10 veranschaulicht eine Beispielumgebung für Magnetfeldsenservorrichtungen gemäß Ausführungsformen.

**[0018]** Fig. 11 ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht.

**DETAILLIERTE BESCHREIBUNG**

**[0019]** Im Folgenden werden verschiedene Ausführungsformen im Detail in Bezug auf die angehängten Zeichnungen beschrieben. Diese Ausführungs-

formen sind nur zu veranschaulichenden Zwecken angegeben und sollen nicht als einschränkend aufgefasst werden. Auch wenn Ausführungsformen beispielsweise als eine Vielzahl von Merkmalen oder Elementen umfassend beschrieben werden, können in anderen Ausführungsformen manche dieser Merkmale oder Elemente weggelassen und/oder durch alternative Merkmale oder Elemente ersetzt werden. In anderen Ausführungsformen können weitere Merkmale oder Elemente zusätzlich zu den ausdrücklich gezeigten oder beschriebenen bereitgestellt sein.

**[0020]** In hierin beschriebenen oder in den Zeichnungen gezeigten Ausführungsformen kann eine beliebige direkte elektrische Verbindung oder Kopplung, d. h., eine beliebige Verbindung oder Kopplung ohne zusätzliche Zwischenelemente, auch durch eine indirekte Verbindung oder Kopplung, d. h., eine Verbindung oder Kopplung mit einem oder mehreren zusätzlichen Zwischenelementen, umgesetzt werden, oder umgekehrt, solange der allgemeine Zweck der Verbindung oder Kopplung, zum Beispiel um eine gewisse Art von Signal zu übertragen oder eine gewisse Art von Information zu übertragen, im Wesentlichen erhalten bleibt. Merkmale von unterschiedlichen Ausführungsformen können kombiniert werden, um weitere Ausführungsformen zu bilden. Beispielsweise können Variationen oder Modifikationen, die in Bezug auf eine der Ausführungsformen beschrieben werden, auch für andere Ausführungsformen anwendbar sein, wenn nicht das Gegenteil vermerkt ist.

**[0021]** In manchen Ausführungsformen kann ein Magnetfeldsensor wie ein Hall-Sensor einer Vielzahl von Schaltern zugeordnet sein. Die Schalter können verwendet werden, um ein Spinning-Strom-Schema zum Auslesen des Sensors zu implementieren. Außerdem kann in Ausführungsformen Information in Bezug auf Störungen, die in der Magnetfeldsensorvorrichtung auftreten, unter Verwendung der Schalter erhalten werden. Beispiele werden später detaillierter erörtert.

**[0022]** Eine Spinning-Strom-Technik wie hierin verwendet betrifft im Allgemeinen eine Technik, bei der in verschiedenen Phasen unterschiedliche Anschlüsse eines Magnetfeldsensors verwendet werden, um einen Strom anzulegen und um ein Messsignal abzulesen, zum Beispiel eine Spannung. Beispiele von Spinning-Strom-Techniken werden später zum Beispiel in Bezug auf die **Fig. 2–Fig. 5** erörtert.

**[0023]** Um sich nun den Figuren zuzuwenden, veranschaulicht **Fig. 1** eine Magnetfeldsensorvorrichtung gemäß einer Ausführungsform.

**[0024]** Die Magnetfeldsensorvorrichtung der Ausführungsform von **Fig. 1** umfasst einen Magnetfeldsensor **10**. In Ausführungsformen kann der Magnet-

feldsensor **10** einen oder mehrere Hall-Sensoren umfassen, zum Beispiel planare oder vertikale Hall-Sensoren. Im Fall einer Vielzahl von Hall-Sensoren können derartige Hall-Sensoren parallel oder in Reihe verbunden sein. In anderen Ausführungsformen können andere Arten von Magnetfeldsensoren verwendet werden, zum Beispiel Sensoren, die einen magnetoresistiven Effekt (xMR-Sensoren), zum Beispiel einen magnetischen Tunnelwiderstand (TMR), einen Riesenmagnetowiderstand (GMR), einen kolossalen magnetoresistiven Effekt (CMR) oder einen anisotropen magnetoresistiven Effekt (AMR), verwenden.

**[0025]** In der Ausführungsform von **Fig. 1** ist der Magnetfeldsensor **10** einer Vielzahl von Schaltern **11** zugeordnet. Die Schalter **11** können durch eine Steuereinheit **12** gesteuert werden, um zum Beispiel einen Messstrom auf ausgewählte Anschlüsse des Magnetfeldsensors **10** selektiv anzulegen und/oder um ein Messsignal, zum Beispiel eine Spannung, an ausgewählten Anschlüssen des Magnetfeldsensors **10** selektiv zu messen. Beispielsweise können die Schalter **11** durch die Steuereinheit **12** gesteuert werden, um eine Spinning-Strom-Technik anzuwenden, wie später detaillierter erörtert wird. Basierend auf den Messungen kann die Steuereinheit **12** ein Signal **a** ausgeben, das indikativ für ein gemessenes Magnetfeld ist.

**[0026]** Ferner kann die Steuereinheit **12** ein Signal **b** ausgeben, das verwendet werden kann, Informationen über einen möglichen Fehler oder eine mögliche Störung in der Vorrichtung von **Fig. 1** anzuzeigen oder zu geben, zum Beispiel eine Störung des Magnetfeldsensors **10** oder der Schalter **11**. In manchen Ausführungsformen kann die Steuereinheit **12** zu diesem Zweck die Messungen während unterschiedlichen Phasen einer Spinning-Strom-Technik auswerten. In anderen Ausführungsformen kann die Steuereinheit **12** die Schalter **11** steuern, um spezifische Tests durchzuführen, um mögliche Störungen zu detektieren. Beispiele werden später detaillierter erörtert.

**[0027]** Es soll angemerkt werden, dass, auch wenn die Signale **a** und **b** in **Fig. 1** als getrennte Signale veranschaulicht sind, in anderen Ausführungsformen nur ein einziges Signal ausgegeben werden kann. In einem solchen Fall können zum Beispiel einer oder mehr spezifische Werte des Signals verwendet werden, um eine Störung anzuzeigen, während andere Werte ein gemessenes Magnetfeld anzeigen können.

**[0028]** Es soll ferner angemerkt werden, dass die Vorrichtung von **Fig. 1** keine einheitliche Vorrichtung sein muss, sondern zum Beispiel ein Teil der Funktionen der Steuereinheit **12** in einer physisch von den restlichen Funktionen getrennten Einheit bereitgestellt sein kann, und die Kommunikation zwischen

den Einheiten auf drahtbasierte oder drahtlose Weise geschehen kann.

**[0029]** Um ein umfassenderes Verständnis der Ausführungsformen bereitzustellen, wird als Nächstes in Bezug auf die **Fig. 2–Fig. 5** eine Spinning-Strom-Technik in einer Magnetfeldsensorvorrichtung wie in manchen Ausführungsformen verwendbar beschrieben.

**[0030]** **Fig. 2** veranschaulicht eine Magnetfeldsensorvorrichtung, die die Basis mancher Ausführungsformen bilden kann.

**[0031]** Die Magnetfeldsensorvorrichtung von **Fig. 2** umfasst einen Magnetfeldsensor **24**. Der Magnetfeldsensor **24** kann einen oder mehrere Hall-Sensoren, zum Beispiel vertikale oder planare Hall-Sensoren, umfassen, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein. Um ein Beispiel anzugeben sind in **Fig. 2** zwei parallel gekoppelte Hall-Sensoren veranschaulicht.

**[0032]** Über eine Stromquelle **22** wird ein Vorstrom auf den Sensor **24** angelegt. Die Zahlen **20** und **213** geben Versorgungsspannungen an. Beispielsweise kann die Zahl **20** eine positive Versorgungsspannung angeben, und die Zahl **213** kann Masse angeben.

**[0033]** Der durch die Stromquelle **22** erzeugte Vorstrom in der Ausführungsform wird durch Zerhacker **21, 23** mit einer digitalen Zerhackerfrequenz  $f_{\text{chop}}$  zerhackt.

**[0034]** Eine Spannung, zum Beispiel eine Hall-Spannung, an dem Magnetfeldsensor **24** in der Ausführungsform von **Fig. 2** wird durch einen Analog-Digital-Wandler gemessen. Im Beispiel von **Fig. 2** umfasst der Analog-Digital-Wandler einen Sigma-Delta-Analog-Digital-Wandler **27** mit einem Rückkopplungspfad, der einen digitalen Integrator **211** und einen Digital-Analog-Wandler **212** umfasst. In anderen Ausführungsformen können jedoch andere Arten von Analog-Digital-Wandlern verwendet werden, wie etwa Nachlauf-Wandler, Sukzessive-Approximation-Wandler, Pipeline-Wandler, Flash-Wandler oder beliebige Kombinationen davon, um nur einige nicht einschränkende Beispiele zu nennen. Der Rückkopplungspfad kann bereitgestellt sein, um Offset-Brummen (Ripple) auszugleichen. Analoge Zerhacker **26, 28** und ein digitaler Zerhacker **29** sind bereitgestellt, die ebenfalls mit der Zerhackerfrequenz  $f_{\text{chop}}$  arbeiten. Synchron zum Zerhacken kann eine Spinning-Strom-Technik angewandt werden, wie durch einen Pfeil **25** angezeigt ist. Die Zahl **214** zeigt ein zu messendes Magnetfeld an. Spinning-Strom-Technik bedeutet, dass Anschlüsse des Sensors **25**, die zum Anlegen des Vorstroms verwendet werden, und Anschlüsse, die zum Messen einer Spannung verwendet werden, sich durch den Analog-Digital-Wandler in

jeder von einer Vielzahl von Spinning-Strom-Phasen ändern.

**[0035]** Ein Ergebnis der Magnetfeldmessung kann bei **210** abgegriffen werden.

**[0036]** Eine derartige Spinning-Strom-Technik wird nun detaillierter in Bezug auf **Fig. 3** beschrieben.

**[0037]** **Fig. 3** veranschaulicht ein Beispiel einer Spinning-Strom-Technik mit vier Phasen, die in **Fig. 3** als Spinning-Strom-Phase 1–4 bezeichnet sind. Ferner sind in **Fig. 3** zwei Zerhackerphasen angezeigt. **Fig. 3** zeigt einen Magnetfeldsensor **30** für jede der Zerhackerphasen. Zur einfachen Bezugnahme und zu Veranschaulichungszwecken ist der Magnetfeldsensor **30** als Brücke mit vier Widerständen veranschaulicht. Beispielsweise kann in manchen Ausführungsformen der Sensor **30** ein Hall-Sensor sein. In anderen Ausführungsformen kann der Sensor **30** ein xMR-Sensor sein, der eine Brückenkonfiguration verwendet. Der Magnetfeldsensor **30** wird verwendet, um ein Magnetfeld  $B$  zu messen.

**[0038]** Wie in **Fig. 3** ersichtlich ist, „rotiert“ oder „dreht“ die Position, in der die Stromquelle **31** mit dem Sensor **30** gekoppelt ist, von Phase zu Phase; daher der Name Spinning-Strom.

**[0039]** Ein Ausgangssignal des Sensors **30** im Beispiel von **Fig. 3** ist eine Hall-Spannung  $V_H$ , die durch einen Differenzverstärker **32** verstärkt wird. Im Beispiel von **Fig. 3** kann der Sensor **30** eine (unbeabsichtigte) Asymmetrie aufweisen. Beispielsweise kann einer der veranschaulichten Widerstände sich von den anderen Widerständen durch einen Wert  $\Delta R$  unterscheiden. Eine derartige Asymmetrie kann durch einen asymmetrischen Sensor (zum Beispiel asymmetrische Hall-Platte) verursacht sein oder auch aufgrund von mechanischer Belastung bestehen, die der Sensor erfährt.

**[0040]** Diese Asymmetrie verursacht einen Offset  $V_{Oh}$  der Hall-Spannung  $V_H$ . Der Zusatz eines Verstärker-Offsets  $V_{Oa}$  ist durch eine Spannungsquelle **33** in **Fig. 3** symbolisiert, die keine richtige Spannungsquelle ist, sondern lediglich den durch den Verstärker verursachten Offset darstellt.

**[0041]** Mit der in **Fig. 3** veranschaulichten Spinning-Strom-Technik entspricht in Phase 1 ein Ausgangssignal des Verstärkers **32**  $+V_H + V_{Oh} + V_{Oa}$ , in der Spinning-Strom-Phase 2 entspricht das Ausgangssignal  $+V_H - V_{Oh} - V_{Oa}$ , in der Spinning-Strom-Phase 3  $+V_H + V_{Oh} + V_{Oa}$  und in der Spinning-Strom-Phase 4  $+V_H - V_{Oh} - V_{Oa}$ .

**[0042]** In einer in manchen Ausführungsformen verwendeten Spinning-Strom-Technik werden die Ergebnisse aller Spinning-Strom-Phasen addiert, was

ein Ergebnis von 4 VH ergibt. Die Offsets heben sich gegenseitig auf. Daher kann durch die Verwendung der Spinning-Strom-Technik eine Offset-kompensierte Messung erhalten werden.

**[0043]** Fig. 4 veranschaulicht ein Umsetzungsbeispiel einer Magnetfeldsensorvorrichtung, die eine Spinning-Strom-Technik einsetzt. Die Magnetfeldsensorvorrichtung von Fig. 4 kann als Basis für verschiedene Ausführungsformen verwendet werden, von denen einige später detaillierter erörtert werden. Die Vorrichtung von Fig. 4 umfasst einen Magnetfeldsensor 49, der zum Beispiel eine Hall-Platte oder eine Vielzahl von Hall-Platten, die parallel gekoppelt sind, umfasst. In anderen Ausführungsformen können andere Arten von Magnetfeldsensoren verwendet werden. Der Magnetfeldsensor 49 im Beispiel von Fig. 4 umfasst vier Anschlüsse 45–48. In jeder Phase einer Spinning-Strom-Technik können zum Beispiel zwei Anschlüsse von Sensor 49, wie die zwei Anschlüsse auf entgegengesetzten Seiten, zum Anlegen von Vorstrom verwendet werden, und die zwei anderen Anschlüsse vom Sensor 49, zum Beispiel die zwei anderen Anschlüsse auf entgegengesetzten Seiten, können verwendet werden, um eine Spannung wie etwa eine Hall-Spannung zu messen.

**[0044]** Um ein Spinning-Strom-Schema zu implementieren, umfasst die Ausführungsform von Fig. 4 vier elektrische Leiter 41–44, die im Beispiel von Fig. 4 den Magnetfeldsensor 49 umgeben. In anderen Ausführungsformen können andere Topografien von Leitern 41–44 verwendet werden. Der Leiter 41 ist mit einer Stromquelle 40 gekoppelt, die einen Vorstrom bereitstellt. Der Leiter 42 ist mit einem negativen Eingang eines Differenzverstärkers 410 gekoppelt. Der Leiter 43 ist mit Masse 413 gekoppelt. Der Leiter 44 ist mit einem positiven Eingang des Differenzverstärkers 410 gekoppelt.

**[0045]** Die Anschlüsse 45–48 wie in Fig. 4 veranschaulicht sind mit den Leitern 41–44 über Schalter PH1–PH4 gekoppelt. In einer ersten Phase einer Spinning-Strom-Technik sind die Schalter PH1 geschlossen und die restlichen Schalter PH2–PH4 sind geöffnet. In der zweiten Phase sind alle Schalter PH2 geschlossen, und die restlichen Schalter sind geöffnet. In einer dritten Spinning-Strom-Phase sind alle Schalter PH3 geschlossen, und die restlichen Schalter sind geöffnet. Eine Benennung der Schalter wie PH1/3 oder PH2/4 zeigt Schalter an, die in zwei Phasen geschlossen sind, z. B. den Phasen 1 und 3 für PH1/3 und den Phasen 2 und 4 für PH2/4. Zur einfachen Bezugnahme sind diese Schalter umfasst, wenn auf die Schalter PH1–PH4 Bezug genommen wird. In einer vierten Spinning-Strom-Phase sind alle Schalter PH4 geschlossen, und die restlichen Schalter sind geöffnet. Daher werden wie in Fig. 3 veranschaulicht durch selektives Öffnen und Schließen der Schalter PH1 bis PH4 die Anschlüsse 45–48 ent-

weder als Vorspannungsanschlüsse zum Liefern von Vorstrom oder als Messanschlüsse zum Messen einer Spannung durch den Differenzverstärker 410 verwendet. Die in Fig. 4 veranschaulichte Topografie dient lediglich als Beispiel, und andere Anordnungen der Schalter und Leiter können ebenso verwendet werden.

**[0046]** Eine Ausgabe des Differenzverstärkers 410 wird für einen Analog-Digital-Wandler 411 bereitgestellt, der mit einer Bezugsspannung REF1 und/oder Masse als Referenz bereitgestellt ist. Wie durch „DEMUX“ angezeigt stellt der Analog-Digital-Wandler 411 Ausgaben für die vier Spinning-Strom-Phasen für einen Mittelwertbildner 412 bereit, der einen Mittelwert und/oder eine Summe der Phasen eventuell über eine Vielzahl von Zyklen hinweg bereitstellt, der/die indikativ für ein Magnetfeld mit kompensierten Offsets ist, wie in Bezug auf Fig. 3 erklärt ist.

**[0047]** Auch wenn in den Fig. 3 und Fig. 4 und auch in den später beschriebenen Ausführungsformen vier Phasen veranschaulicht sind, soll das nicht als einschränkend aufgefasst werden, und hierin offenbarte Techniken können auch für eine unterschiedliche Anzahl an Phasen angewandt werden, insbesondere mehr als vier Phasen (sechs Phasen, acht Phasen), aber auch für Spinning-Strom-Techniken angewandt werden, die nur drei Phasen verwenden.

**[0048]** Fig. 5 veranschaulicht einen Mittelungseffekt durch die Verwendung einer Spinning-Strom-Technik wie in Ausführungsformen unter Verwendung von Beispielsignalen eingesetzt. Die Signale von Fig. 5 sind nur zu Veranschaulichungszwecken angegeben, und in anderen Ausführungsformen können andere Signalwellenformen verwendet werden.

**[0049]** Pfeile in Fig. 5 veranschaulichen eine Richtung des Stroms (Vorstrom) in den Phasen PH1–PH4. Eine Kurve 50 zeigt ein Beispiel für ein Messergebnis einschließlich eines Offsets, der in einem Signal auftritt, das in einzelnen der Spinning-Strom-Phasen gemessen wurde. 51 bezeichnet einen Nullwert. 52 veranschaulicht einen Effekt eines Offsets, wenn die Ergebnisse der Spinning-Strom-Phasen 1 und 2 summiert werden, und 53 veranschaulicht einen Effekt eines Offsets, wenn die Ergebnisse der Spinning-Strom-Phasen 3 und 4 summiert werden. Wie ersichtlich ist, ist der Offset in den Kurven 52 und 53 im Vergleich zum in Kurve 50 auftretenden Offset bereits stark reduziert. Ferner weist der Offset gemäß Kurve 53 das gegenteilige Verhalten wie der Offset gemäß Kurve 52 auf, und durch das Mitteln der Kurven 52 und 53 kann der Effekt des Offsets weiter aufgehoben werden. Die Tatsache, dass der Offset bereits in einem großen Ausmaß aufgehoben ist, wenn nur zwei benachbarte Phasen summiert werden, wird in manchen Ausführungsformen verwendet, um Störungen zu detektieren, wie unten erklärt wird.

**[0050]** Als Nächstes werden in Bezug auf **Fig. 6–Fig. 9** verschiedene Ausführungsformen von Magnetfeldsensorvorrichtungen erörtert. Die Magnetfeldsensorvorrichtungen von **Fig. 6 bis Fig. 9** zu Veranschaulichungszwecken basieren auf der Magnetfeldsensorvorrichtung von **Fig. 4**, und gleiche Bezugszeichen werden verwendet, um ähnliche oder entsprechende Elemente zu bezeichnen, die der Kürze halber nicht wiederholt beschrieben werden.

**[0051]** **Fig. 6** veranschaulicht eine Magnetfeldsensorvorrichtung gemäß einer Ausführungsform. In der Ausführungsform von **Fig. 6** ist ein Magnetfeldsensor **49**, zum Beispiel ein Hall-Sensor, bereitgestellt, der ähnlich wie **Fig. 4** ist, der mit den Leitern **41–44** über die Schalter **PH1–PH4** selektiv gekoppelt werden kann, um eine Spinning-Strom-Technik wie oben beschrieben umzusetzen. Zusätzlich zum Messen eines Magnetfelds unter Verwendung einer Spinning-Strom-Technik wie oben beschrieben kann die Vorrichtung von **Fig. 6** verschiedene Diagnosefunktionen bereitstellen, um zum Beispiel in der Lage zu sein, Fehler, Störungen oder Ausfälle in der Magnetfeldsensorvorrichtung zu detektieren. Auch wenn eine Vielzahl von unterschiedlichen Diagnosefunktionen in Bezug auf **Fig. 6** und in Bezug auf andere Ausführungsformen beschrieben wird, soll verstanden werden, dass dies nicht als einschränkend aufgefasst werden soll, und dass andere Ausführungsformen nur eine oder manche der beschriebenen Diagnosefunktionen umsetzen können.

**[0052]** Ein Beispiel einer Diagnosefunktion, die in der Ausführungsform von **Fig. 6** umgesetzt werden kann, basiert auf dem Bereitstellen von Partialsummen über nur manche der Ergebnisse der Spinning-Strom-Phasen. Wie oben in Bezug auf **Fig. 3** erklärt können in einer herkömmlichen Spinning-Strom-Technik mit vier Phasen die vier Phasen summiert werden, um Offsets aufzuheben. In der Ausführungsform von **Fig. 6** kann ein Schalter **65** z. B. die Signale der ersten zwei Phasen einer Vier-Phasen-Spinning-Strom-Technik für einen ersten Mittelwertbildner **66** und z. B. die Ausgaben von der dritten und vierten Phase für einen zweiten Mittelwertbildner **67** bereitstellen. Die Mittelwertbildner **66, 67** können verwendet werden, um einen Mittelwert der gelieferten Signale in manchen Ausführungsformen zu bilden, der Mittelwert kann über mehr als einen Messzyklus gebildet werden, wobei ein Messzyklus vier Phasen in dem gezeigten Beispiel umfasst. In anderen Ausführungsformen können die Mittelwertbildner **66, 67** einen Mittelwert über Signale von unterschiedlichen Phasen in einem Messzyklus bilden.

**[0053]** Beispielsweise kann der erste Mittelwertbildner **66** einen Mittelwert der Messergebnisse von einer ersten und zweiten Spinning-Strom-Phase wie in **Fig. 6** veranschaulicht ausgeben, und der Mittelwertbildner **67** kann den Mittelwert einer Summe

der Messergebnisse der dritten und vierten Spinning-Strom-Phase wie in **Fig. 3** als Signal **d** veranschaulicht ausgeben. Wie in Bezug auf **Fig. 5** oben veranschaulicht heben sich bereits für zwei benachbarte Phasen (zum Beispiel 1 und 2 oder 3 und 4) die Offsets gegenseitig im Wesentlichen auf. Daher sollte in einem fehlerfreien Betrieb ein Signal **c** ungefähr gleich wie das Signal **d** sein (als Beispiel siehe Signale **52, 53** von **Fig. 5**). Wenn eine Differenz zwischen dem Signal **c** und **d** größer als vorbestimmter Schwellenwert ist, kann das eine Störung anzeigen, zum Beispiel eine Störung von einem der beteiligten Schalter. Daher kann in Ausführungsformen durch Bereitstellen von zwei Partialsummen statt einer Summe über alle Spinning-Strom-Phasen eine Fehlerdetektierung umgesetzt werden.

**[0054]** Es soll angemerkt werden, dass in manchen Ausführungsformen der Schalter **65** konfiguriert sein kann, um die Partialsummen zu ändern. Beispielsweise kann wie oben erwähnt das Signal **c** einer Summe der Spinning-Strom-Phasen 1 und 2 von **Fig. 3** entsprechen, und das Signal **d** kann einer Summe der Spinning-Strom-Phasen 3 und 4 in einer Ausführungsform entsprechen. In manchen Ausführungsformen kann der Schalter **65** dann die Signale, die für die Mittelwertbildner **66, 67** bereitgestellt sind, ändern, sodass zum Beispiel Signal **c** eine Summe der Ergebnisse der Spinning-Strom-Phasen 1 und 4 von **Fig. 3** ist, und das Signal **d** das Ergebnis der Spinning-Strom-Phasen 2 und 3 ist. Mit dieser Summierung können weiter die Signale **c** und **d** verglichen werden, und wenn sie sich um mehr als einen vorbestimmten Schwellenwert unterscheiden, kann dies einen Fehler anzeigen, zum Beispiel eine Fehlfunktion von einem oder mehr der Schalter. Durch Bereitstellen von unterschiedlichen Partialsummen wie oben erklärt kann zusätzliche Redundanz bereitgestellt werden.

**[0055]** Ferner kann durch Ausgeben der Signale **c** und **d** an eine andere Einheit, zum Beispiel ein System, auch bei fehlerfreiem Betrieb Redundanz in manchen Ausführungsformen erhalten werden, da jedes der Signale **c** und **d** zumindest ungefähr einen korrekten Wert bereitstellt. Durch Bereitstellen einer derartigen Redundanz kann die funktionelle Sicherheit erhöht werden.

**[0056]** Zusätzlich oder alternativ dazu kann eine unterschiedliche Summierung der Ergebnisse von Spinning-Strom-Phasen in manchen Ausführungsformen durchgeführt werden, um einen Wert des Offsets zu erhalten.

**[0057]** Auch wenn im normalen Spinning-Strom-Modus wie in **Fig. 3** angezeigt die Summierung durchgeführt wird, um den Offset aufzuheben und um die Hall-Spannung zu erhalten, kann zu Test- oder Diagnosezwecken die Summe gebildet werden, sodass

die Hall-Spannung (oder andere zu messende Spannung) aufgehoben wird, und nur der Offset gemessen wird. Im Beispiel von **Fig. 3** kann dies zum Beispiel durch Subtrahieren statt Addieren der durch den Analog-Digital-Wandler **411** in den Phasen 2 und 4 ausgegebenen Signale in die Gesamtsumme erreicht werden, sodass für diese Phasen das Ausgabeergebnis im Wesentlichen  $-V_H + V_{Ah} + V_{Oa}$  im Beispiel von **Fig. 3** ist. Das Summieren der Ergebnisse aller Phasen ergibt dann  $4 V_{Oh} + 4 V_{Oa}$ , d. h., eine Messung des Offsets. Der Offset kann zum Beispiel mit einem vorbestimmten Schwellenwert in Ausführungsformen verglichen werden. Ein Offset über einem Schwellenwert kann zum Beispiel Störungen wie hohe Kriechströme der Schalter PH1...PH4 und/oder Fälle, in denen einer der Schalter defekt ist und zum Beispiel nicht schließen kann oder die ganze Zeit geschlossen bleibt, anzeigen.

**[0058]** Das Steuern der Schalter sowohl für den Spinning-Strom-Modus als auch für eine derartige Diagnose, um den Offset zu erhalten, kann durch eine Steuereinheit **611** durchgeführt werden, die durch einen Zähler **612** gesteuert wird, der von 1 bis 4 für vier Spinning-Strom-Phasen zählt. Ein Betriebsmodus kann durch ein PHTST-Freigabesignal bestimmt werden. Beispielsweise kann ein Betriebsmodus zwischen einem regulären Spinning-Strom-Modus, in dem die Hall-Spannung bestimmt wird, und einem Testmodus, in dem der Offset bestimmt wird, wie oben erklärt geschaltet werden. Der Zähler **612** kann durch ein Taktsignal clk getaktet werden. Ferner können in einem Testmodus die Schalter PH1...PH4 und zusätzliche Schalter TSTa bis TSTd wie unten erklärt gesteuert werden.

**[0059]** Ferner kann ein zusätzlicher Leiter **60** bereitgestellt sein, der mit den Anschlüssen **45–48** des Magnetfeldsensors **49** über Testschalter TSTa bis TSTd wie in **Fig. 6** veranschaulicht selektiv gekoppelt sein kann. Ferner kann der Leiter **60** mit Stromquellen durch die Schalter **68, 69** wie in **Fig. 6** veranschaulicht selektiv gekoppelt sein. Diese Kopplung des Leiters **60** an Stromquellen zusammen mit dem Schließen der jeweiligen Schalter TSTd kann verwendet werden, um Fehlerströme in die Vorrichtung von **Fig. 6** einzuspeisen. Das Einspeisen von Fehlerströmen kann in manchen Ausführungsformen verwendet werden, um zu überprüfen, ob bereitgestellte Diagnosefunktionen richtig funktionieren. Beispielsweise sollte das Einspeisen eines Fehlerstroms über einen der Schalter TSTa bis TSTd zu einem Fehler führen, der durch das Auswerten der Signale c und d wie oben erklärt detektiert wird. Wird kein Fehler detektiert, kann dies eine Störung der Diagnosefunktion anzeigen.

**[0060]** In manchen Ausführungsformen können solche Einspeisungstests, bei denen ein Fehlerstrom eingespeist wird, nur beim Start durchgeführt werden,

was zumindest eine gewisse latente Störungsdiagnose bereitstellt. In anderen Ausführungsformen können derartige Einspeisungstests zusätzlich oder alternativ dazu während der Laufzeit durchgeführt werden, z. B. während der tatsächlichen Verwendung einer Sensorvorrichtung. In einem solchen Fall können die Einspeisungstests in einer zusätzlichen Messphase korrekt gehandhabt werden (z. B. durch Testen eines Schalters TSTa bis TSTd in jedem Gesamtmesszyklus, um ein nicht einschränkendes Beispiel anzugeben).

**[0061]** Ferner kann in manchen Ausführungsformen das Einspeisen eines Stroms über den Schalter **68** oder über den Schalter **69** verwendet werden, um Kurzschlüsse oder Kriechströme zu detektieren. Beispielsweise kann über die Schalter PH1–PH4 und TSTa–d ein Fehlerstrom für einen beliebigen der Leiter **41–44** bereitgestellt werden und soll nicht auf einem beliebigen der anderen Leiter auftreten, wenn die Leiter richtig voneinander isoliert sind.

**[0062]** Für weitere Testzwecke können in manchen Ausführungsformen Schalter **61** bereitgestellt sein, die verwendet werden können, um einen weiteren Analog-Digital-Wandler **63** entweder mit einem der Verbinder **41, 43** oder mit einer Referenzeingabe eines Analog-Digital-Wandlers **411** über Verbinder **610** zu koppeln. Der weitere Analog-Digital-Wandler **63** kann ein Analog-Digital-Wandler sein, der auch für andere Zwecke wie durch Schalter **62** angezeigt bereitgestellt sein kann, zum Beispiel zur Temperaturmessung. In Ausführungsformen kann der Analog-Digital-Wandler **63** verwendet werden, um zusätzliche Testverfahren neben der Temperaturmessung durchzuführen. Durch die Verwendung eines Analog-Digital-Wandlers **63**, der bereits für andere Zwecke wie Temperaturmessungen bereitgestellt ist, auch zum Bereitstellen von Diagnosefunktionen für die Magnetfeldsensorvorrichtung kann Chipfläche in manchen Ausführungsformen im Vergleich zu einem Fall, in dem ein zusätzlicher Analog-Digital-Wandler bereitgestellt ist, eingespart werden.

**[0063]** Die Schalter **61** und **62** können durch eine Steuereinheit **64** gesteuert werden (die getrennt von der Steuereinheit **611** in **Fig. 6** dargestellt ist, aber auch in einer einzigen Steuereinheit mit der Steuereinheit **611** umgesetzt sein kann), um selektiv Signale für den Analog-Digital-Wandler **63** bereitzustellen. Wie durch einen Demultiplexer DEMUX angezeigt kann der Analog-Digital-Wandler **63** anschließend verschiedene Signale abhängig von einem durchgeführten Test ausgeben. Die Steuereinheit **64** kann durch ein VTST-Freigabesignal gesteuert werden, um einen Test oder eine durchzuführende Messung auszuwählen.

**[0064]** In der Ausführungsform von **Fig. 6** verwendet der Analog-Digital-Wandler **63** eine unterschiedli-

che Referenz-/Vorspannung (in **Fig. 6** als REF2/GND bezeichnet) als der Analog-Digital-Wandler **411**. Daher kann in manchen Ausführungsformen über den Leiter **610** und jeweilige Schalter **61** der Analog-Digital-Wandler **63** die Referenzspannung des Analog-Digital-Wandlers **411** messen und eine entsprechende Anzeige ausgeben (als Code  $V_{ref}$  in **Fig. 6** bezeichnet). Auf diese Weise kann in manchen Ausführungsformen die Referenzspannung des Analog-Digital-Wandlers **411** getestet werden. Ferner kann durch Schließen der geeigneten Schalter **61**, die mit den Leitern **41**, **43** gekoppelt sind, die Vorspannung zwischen den Leitern **41**, **43**, die durch die Vorstromquelle **40** erzeugt wurde, gemessen und ausgegeben werden (als Code  $V_{bias}$  in **Fig. 6** bezeichnet). Auf diese Weise können Ausführungsformen testen, ob eine korrekte Vorspannung für die Hall-Sensor-Vorrichtung **49** bereitgestellt ist.

**[0065]** Solche Diagnosefunktionen können zum Beispiel als Start-Test oder zyklisch oder Diagnose-Testsignal, das von einem System bereitgestellt ist (z. B. falls eine beliebige Anomalie detektiert wurde, das Durchführen einer vollständigen Systemüberprüfung, bevor in einen beliebigen Störungszustand übergegangen wird), oder parallel zum normalen Betrieb unter Verwendung von zusätzlichen Analog-Digital-Wandlern (oder vereinfachten Komparatoren oder gar Fensterkomparatoren, die als Analog-Digital-Wandler mit einem oder zwei Bit Ausgabe gesehen werden können) durchgeführt werden.

**[0066]** Wenn die Schalter **62** geschlossen und die Schalter **61** geöffnet sind, kann der Analog-Digital-Wandler **63** zum Beispiel eine Temperatur messen und das Ergebnis als ein Code  $T_j$  benanntes Signal ausgeben (was in dieser Ausführungsform eine Chip-sperrschichttemperatur betreffen kann, aber auch eine beliebige andere zu messende Temperatur in einer bestimmten Anwendung umfassen kann). Diese Temperaturmessung ist nur ein Beispiel für eine beliebige weitere Messung, für deren Durchführung der Analog-Digital-Wandler **63** verwendet werden kann. Solche Temperaturmessungen oder andere Messungen können zum Beispiel zum Abgleichen/Kalibrieren des Magnetfeldsensors verwendet werden.

**[0067]** Andere Ausführungsformen können alternativ oder zusätzlich dazu belastungsabhängige Kanäle, Chip-Risse mit Widerstandsschleifen, Druck, Licht, elektrische Felder, interne oder externe (bekannte) Spannungen oder eine beliebige andere physikalische Eigenschaft messen, die durch eine bestimmte Anwendung (direkt oder indirekt, z. B. zu Abgleich- und/oder Kalibrierungszwecken, oder um das gemeinsame Verwenden eines Analog-Digital-Wandlers wie des Wandlers **63** in einem Systemansatz auszunützen) erforderlich ist, um beliebige physikalische Größen zu messen, die mit der Magnetfeldmessung in Zusammenhang stehen oder nicht.

In manchen Ausführungsformen kann ein Wandler wie der Wandler **63** zusätzlich oder alternativ dazu verwendet werden, um eine redundante Magnetfeldmessung zusätzlich zum Ergebnis des Wandlers **411** unter Verwendung eines zusätzlichen Hall-Sensors zusätzlich zum Aufbau, der den Hall-Sensor **49** umfasst, durchzuführen (z. B. um eine Messung mit einer gewissen Distanz zum Hall-Sensor **49** bereitzustellen, z. B. um ein magnetisches Hintergrundfeld zu messen).

**[0068]** Ferner kann eine redundante Magnetfeldmessung in manchen Ausführungsformen ein unterschiedliches Messprinzip verwenden (z. B. unter Verwendung eines magnetoresistiven Sensors – z. B. GMR, TMR oder xMR im Allgemeinen) statt einer zusätzlichen Hall-Sonde. Ein solcher magnetoresistiver Sensor kann wieder über Multiplexing-Schalter mit dem Analog-Digital-Wandler **63** verbunden sein. Das kann in Ausführungsformen ferner verwendet werden, um die Unabhängigkeit des redundanten Messaufbaus zu verbessern (Verschiedenartigkeit der Messungen: H-Felder versus B-Felder).

**[0069]** Es soll angemerkt werden, dass in anderen Ausführungsformen zusätzliche oder alternative Hall-Sensoren mit Empfindlichkeit in andere Richtungen (laterale oder vertikale Hall-Sensoren) unter Verwendung der gleichen Prinzipien wie hier beschrieben verwendet werden können. Das trifft auch für den Hall-Sensor **49** zu.

**[0070]** Die obenstehenden Diagnosefunktionen, einzeln oder in Kombination miteinander, können die Einzelpunkt-Störungsmetrik für die gezeigte Vorrichtung sowie eine latente Störungsmetrik für Sicherheitssysteme, die Magnetfeldsensoren wie die gezeigten Hall-Sensor-Vorrichtungen erfordern, verbessern. Wie bereits erwähnt können, auch wenn in der Ausführungsform von **Fig. 6** eine Vielzahl von unterschiedlichen Diagnosefunktionen umgesetzt ist und oben beschrieben wurde, in anderen Ausführungsformen nur eine oder manche dieser Funktionen umgesetzt sein. Wenn beispielsweise eine verringerte Redundanz durch die Sicherheitsanalyse ausreichend angegeben ist, können beide ADC sogar die gleiche Referenzspannung verwenden, und so werden die Verbindung **610** und der entsprechende Mehrfachbetrieb nicht länger benötigt.

**[0071]** Es soll erwähnt werden, dass es in einer bestimmten Anwendung auch erforderlich sein kann, einen noch verschiedenartigeren Aufbau umzusetzen, indem unterschiedlichen Techniken verwendet werden, um die Referenzspannungen umzusetzen, z. B. ein bandabstands-basiertes Prinzip versus ein mehrfachwiderstandsbasiertes Prinzip (welches zusätzlichen Abgleich benötigen kann), um nur zwei Beispiele zu nennen. Der in der Ausführungsform von **Fig. 6** gezeigte Aufbau stellt einen hochflexiblen Auf-

bau zum Bereitstellen einer verschiedenartigen Umsetzung bereit.

**[0072]** Die gleichen Prinzipien können die Auswahl der Analog-Digital-Wandler betreffen. Beispielsweise können zu Zwecken der Verschiedenartigkeit unterschiedliche Prinzipien für die Wandler **411** und **63** in Ausführungsformen verwendet werden, um die Robustheit gegen Störungen häufiger Ursache in der Konstruktion (oder gar systemische Störungen während der Umsetzung) zu verbessern. Aus wirtschaftlichen Gründen kann es nicht wünschenswert sein, in manchen Fällen mehr als zwei Wandler zu verwenden, aber wenn es z. B. aus Sicherheitsgründen erforderlich ist, können andere Ausführungsformen zusätzliche Wandler statt dem Mehrfachbetrieb der Eingabe des Wandlers **63** verwenden (z. B. zum Zweck von Parallelmessungen, um eine Störungsdetektierungszeit zu verringern). In anderen Ausführungsformen können Kanäle (Analogsignale), die in der Ausführungsform von **Fig. 6** durch den Analog-Digital-Wandler **63** umgewandelt wurden (wie der Sperrschichttemperaturkanal **62**), in anderen Ausführungsformen durch den Wandler **411** (unter Verwendung eines zusätzlichen Multiplexers auf seiner Eingabe) umgewandelt werden. Im Allgemeinen können durch die Verwendung solcher Multiplexer unterschiedliche Größen in unterschiedlichen Betriebsphasen eines Analog-Digital-Wandlers gemessen/umgewandelt werden.

**[0073]** Als Nächstes können in Bezug auf die **Fig. 7–Fig. 9** verschiedene Modifikationen der Ausführungsform von **Fig. 6** beschrieben werden. Um Wiederholungen zu vermeiden tragen gleiche Elemente die gleichen Bezugszeichen, und nur die Unterschiede oder Modifikationen im Vergleich zur Ausführungsform von **Fig. 6** sind detaillierter beschrieben.

**[0074]** In der Ausführungsform von **Fig. 6** kann die Diagnose zumindest teilweise außerhalb der Sensorvorrichtung auftreten, wenn eine sehr hohe Unabhängigkeit einer Diagnose benötigt wird. Beispielsweise kann die Auswertung, wenn sich die Signale **c** und **d** voneinander um mehr als einen Schwellenwert unterscheiden, durch eine externe Einheit durchgeführt werden. Gleichermaßen kann eine Auswertung, wenn die Signale **code Vbias** und **code Vref** einen Fehler anzeigen, durch eine externe Einheit gemacht werden.

**[0075]** Beispielsweise in einem Fall, in dem das System bereits einen zweiten, physikalisch getrennten Sensor IC erfordert, können die Diagnose- und Unabhängigkeitserfordernisse verringert werden, um einen wirtschaftlicheren Ein-Sensor-Aufbau umzusetzen, der im System zweimal verwendet wird. Ein niedrigeres erforderliches Sicherheitsniveau einer bestimmten Anwendung als solche kann verursa-

chen, dass die Erfordernisse für Unabhängigkeit verringert werden können. In solchen Fällen kann beispielsweise der Aufbau wie in der Ausführungsform von **Fig. 6** gezeigt weiter vereinfacht werden, wie in **Fig. 7–Fig. 9** gezeigt.

**[0076]** In der Ausführungsform von **Fig. 7** tritt eine Auswertung der Diagnose nur innerhalb der gezeigten Sensorvorrichtung auf. Wenn zum Beispiel die Sensorvorrichtung auf einem einzelnen Chip umgesetzt ist, kann dies eine On-Chip-Analyse ermöglichen.

**[0077]** In der Ausführungsform von **Fig. 7** ist statt der Steuereinheit **611** von **Fig. 6** eine Steuereinheit **711** bereitgestellt. Ferner ist statt der Steuereinheit **64** eine Steuereinheit **74** bereitgestellt.

**[0078]** Ferner ist in der Ausführungsform von **Fig. 7** ein einzelner Mittelwertbildner **70** statt den Mittelwertbildnern **66, 67** von **Fig. 6** bereitgestellt. Der Mittelwertbildner **70** bildet eine Summe über die Ausgabesignale des Analog-Digital-Wandlers **411** für alle vier Phasen einer Spinning-Strom-Technik oder gar einen Mittelwert über eine Vielzahl von Messzyklen und gibt selbige als Signal **e** aus. Das Signal **e** stellt daher einen Messwert für das durch den Sensor **49** gemessene Magnetfeld bereit. Ferner sind die Ausgaben für die vier Phasen für eine Steuereinheit **711** bereitgestellt. Die Steuereinheit **711** kann Funktionen wie in Bezug auf **Fig. 6** für die Signale **c** und **d** beschrieben durchführen, d. h., die Steuereinheit **711** kann Partialsummen bilden (zum Beispiel der ersten und zweiten Phase und dritten und vierten Phase) und auswerten, ob eine Differenz zwischen den Partialsummen größer als ein Schwellenwert ist. Ferner kann die Steuereinheit **711** die Signale für die vier Phasen kombinieren, um einen Offset zu bestimmen, wie in Bezug auf **Fig. 6** beschrieben, und das Ergebnis auswerten. Im Fall, dass das Ergebnis keinen Fehler anzeigt, kann die Steuereinheit **711** ein „OK“-Signal ausgeben, das anzeigt, dass keine Störung detektiert wurde. In anderen Ausführungsformen kann die zusätzliche oder alternative Steuereinheit **711** ein Fehlersignal ausgeben, das anzeigt, dass ein Fehler oder eine Störung detektiert wurde.

**[0079]** Im Fall, dass die Steuereinheit **711** einen Fehlerzustand detektiert, kann die Steuereinheit **711** den Mittelwertbildner **70** steuern, um ein Aktualisieren zu deaktivieren, sodass das Signal **e** eingefroren wird, oder den Mittelwertbildner **70** steuern, um einen Wert von Signal **e** auszugeben, der einen Fehler anzeigt. Im letzteren Fall kann das getrennte Ausgeben des „OK“-Signals weggelassen werden.

**[0080]** Ferner wertet in der Ausführungsform von **Fig. 7** die Steuereinheit **74** die Signale **Code Vref** und **Code Vbias** aus, um zu bestimmen, ob eine durch die Stromquelle **40** bereitgestellte Vorspannung und ein

an den Analog-Digital-Wandler **411** geliefertes Referenzsignal korrekt sind. Im Fall von keinem Fehler kann ein „OK“-Signal ausgegeben werden, und/oder im Fall eines Fehlers oder einer Störung kann ein Fehlersignal ausgegeben werden. Es soll angemerkt werden, dass die durch die Steuereinheiten **74**, **711** ausgegebenen Signale (zum Beispiel das „OK“-Signal) an einer gemeinsamen Ausgabe bereitgestellt sein können, zum Beispiel unter Verwendung eines Logik-Gates, das die Signale kombiniert.

**[0081]** Andernfalls kann der Betrieb der Ausführungsform von **Fig. 7** wie für die Ausführungsform von **Fig. 6** beschrieben sein. Es soll angemerkt werden, dass in manchen Ausführungsformen nur die Steuereinheit **711** oder nur die Steuereinheit **74** bereitgestellt sein kann, und die jeweilige andere Steuereinheit kann wie in Bezug auf **Fig. 6** erörtert arbeiten.

**[0082]** **Fig. 8** veranschaulicht eine weitere Ausführungsform. In der Ausführungsform von **Fig. 8** wird im Vergleich zur Ausführungsform von **Fig. 6** der Analog-Digital-Wandler **411** weggelassen, und der Analog-Digital-Wandler **63** wird zusätzlich verwendet, um die Hall-Spannungsmessung unter Verwendung einer Spinning-Strom-Technik und/oder die Offset-Messung durchzuführen. Zu diesem Zweck sind zusätzliche Schalter **83** bereitgestellt, die eine Messung der Hall-Spannung durch den Analog-Digital-Wandler **63** ermöglichen. Ein Demultiplexer **82**, der mit dem Analog-Digital-Wandler **63** gekoppelt ist, dient dazu, gemessene Signale durch Schließen der Schalter **61**, **83**, **84** und **62** an entsprechende Ausgabeverbindungen auszugeben. Messergebnisse einer Spinning-Strom-Technik (die Schalter **83** sind geschlossen) sind für einen Mittelwertbildner **83** bereitgestellt, der die Summe über alle vier Phasen oder eine Mittelwertsumme über eine Vielzahl von Messzyklen bereitstellt und selbige als Signal *h* ausgibt. Das Signal *h* stellt daher einen Messwert für das durch den Magnetfeldsensor gemessene Magnetfeld bereit.

**[0083]** Eine Steuereinheit **80** dient dazu, die oben erörterten Diagnosefunktionen durch Auswerten der durch das Spinning-Strom-Schema ausgegebenen Signale bereitzustellen (zum Beispiel durch Bereitstellen von Partialsummen wie oben erörtert), um den Offset durch das Auswerten des Code-Vbias-Signals, das erhalten wird, wenn die Schalter **61** geschlossen sind, zu berechnen. Ferner kann in Ausführungsformen der Analog-Digital-Wandler **63** über Schalter **84** eine erzeugte interne oder externe Spannung messen (z. B. eine geteilte Versorgungsspannung *VDD*/4 wie gezeigt oder eine beliebige andere bekannte Spannung vom System). Das kann wieder die Diagnose des Wandlers und der Referenz **63** (insbesondere, wenn mehr als ein Spannungsniveau gemessen werden kann) in manchen Ausführungsformen verbessern.

**[0084]** Die Steuereinheit **80** steuert auch die Schalter PH1–PH4, TSTa–d und die Schalter **61**, **83**, **84** und **62**. Um diese Steuerung durchzuführen, wird die Steuereinheit **80** durch einen Zähler **81** beliefert, der von 1 bis *N* zählt. *N* in der Ausführungsform von **Fig. 8** kann 4 für vier Spinning-Strom-Phasen plus eine Zahl an zusätzlichen Messphasen für Diagnosefunktionen sein, zum Beispiel eine Diagnose, wobei die Schalter **61** geschlossen sind, um den Vorstrom zu messen, oder Messungen, wobei ein Fehlerstrom eingespeist wird, wie zuvor beschrieben.

**[0085]** Wenn kein Fehler auftritt, kann die Steuereinheit **80** ein „OK“-Signal ausgeben, und/oder wenn ein Fehler detektiert wird, kann die Steuereinheit ein Fehlersignal ausgeben.

**[0086]** **Fig. 9** veranschaulicht eine Magnetfeldsensorrückmeldung gemäß einer weiteren Ausführungsform. Die Ausführungsform von **Fig. 9** ist in einem gewissen Maß eine Kombination der Ausführungsformen der **Fig. 6** und **Fig. 8**. Ähnlich wie die Ausführungsform von **Fig. 8** wird in der Ausführungsform von **Fig. 9** ein einzelner Analog-Digital-Wandler **63** verwendet. Ähnlich wie die Ausführungsform von **Fig. 6** steuert eine Steuereinheit **92** das Schalten der Schalter basierend auf einem PHTST-Freigabesignal für die Schalter PH1–PH4 und TSTa–TSTd und basierend auf einem VTST-Freigabesignal für die Schalter **61**. Weiter ähnlich wie die Ausführungsform von **Fig. 6** wird die Auswertung außerhalb von der gezeigten Vorrichtung, durchgeführt. Beispielsweise sind die Ausgabesignale, die die vier Spinning-Strom-Phasen betreffen, vom Demultiplexer **82** für einen Schalter **90** bereitgestellt, der durch die Steuereinheit **92** gesteuert wird, die die Signale für einen ersten Mittelwertbildner **91** und einen zweiten Mittelwertbildner **92** bereitstellt. Die Funktion des ersten und zweiten Mittelwertbildners **91** und **92** ist gleich wie die Funktion des Mittelwertbildners **66**, **67** von **Fig. 6**, nämlich zwei Signale *h*, *k* bereitzustellen, die jeweils repräsentativ für die Partialsumme über die Ausgabeergebnisse der einzelnen Spinning-Strom-Phasen sind.

**[0087]** Der Schalter **90** kann durch die Steuereinheit **80** gesteuert werden, zum Beispiel um die Art zu ändern, wie die Partialsummen berechnet werden, wie ebenfalls zuvor in Bezug auf **Fig. 6** erklärt (zum Beispiel das Summieren der Phasen 1 und 2, um das Signal *h* zu erhalten, und der Phasen 3 und 4, um das Signal *k* zu erhalten, oder das Summieren der Signale von den Phasen 1 und 4, um das Signal *h* zu erhalten, und von den Phasen 2 und 3, um das Signal *k* zu erhalten).

**[0088]** **Fig. 9** veranschaulicht daher, dass Merkmale von unterschiedlichen Ausführungsformen kombiniert werden können, um weitere Ausführungsformen auszubilden, und andere Merkmale von verschie-

denen Ausführungsformen ebenfalls kombiniert werden können, um weitere Ausführungsformen auszubilden.

**[0089]** Mit den erörterten Diagnosefunktionen kann in manchen Ausführungsformen die Bereitstellung eines sekundären Sensors, um Redundanz bereitzustellen, weggelassen werden, während dennoch ein hohes Niveau an funktioneller Sicherheit erhalten wird. In anderen Ausführungsformen können die zuvor erörterten Magnetfeldsensorvorrichtungen mit einer weiteren Magnetfeldsensorvorrichtung (entweder herkömmlich oder wie beschrieben) kombiniert werden, um sowohl Redundanz als auch die zuvor erörterten Diagnosefunktionen bereitzustellen.

**[0090]** Magnetfeldsensorvorrichtungen wie oben erörtert können zum Beispiel in einem Autoumfeld verwendet werden, sind aber nicht darauf beschränkt. Ein beispielhaftes Umfeld ist in **Fig. 10** veranschaulicht.

**[0091]** Ein in **Fig. 10** gezeigtes System umfasst eine Magnetfeldsensorvorrichtung **101**, die wie zuvor in Bezug auf **Fig. 1–Fig. 9** erörtert umgesetzt sein kann. Die Magnetfeldsensorvorrichtung **101** wird zum Beispiel mit einem Taktsignal *clk* und/oder mit Versorgungsspannungen oder Referenzspannungen durch eine Versorgungsvorrichtung **100** beliefert. Die Versorgungsvorrichtung **100** kann eine beliebige herkömmliche Schaltungsanordnung umfassen, um Versorgungsspannungen bereitzustellen und/oder Taktsignale bereitzustellen. Die Versorgungsvorrichtung **100** kann auch Versorgungsspannungen und Taktsignale für andere Vorrichtungen des Systems von **Fig. 10** bereitstellen.

**[0092]** Das System von **Fig. 10** wird durch ein ECU- (elektronische Steuereinheit) System **102** gesteuert, zum Beispiel eine ECU eines Autos. In alternativen Ausführungsformen kann das System durch eine beliebige Art von Mikrosteuereinheit gesteuert werden, die in die Magnetfeldsensorvorrichtung **101** integriert sein kann oder außerhalb der Magnetfeldsensorvorrichtung **101** bereitgestellt sein kann.

**[0093]** Das ECU-System **110** steuert die Magnetfeldsensorvorrichtung **101** über eine Schnittstelle **103**. Beispielsweise kann das ECU-System **102** Signale wie die oben erörterten VTST-Freigabe- und PHTST-Freigabesignale im Fall einer externen Diagnosesteuerung bereitstellen. Im Gegensatz dazu empfängt das ECU-System **102** Daten von der Magnetfeldsensorvorrichtung **101** über die Schnittstelle **103** und gegebenenfalls über einen Digitalsignalprozessor **104**. Der Digitalsignalprozessor **104** kann in manchen Ausführungsformen eine Auswertung der durch die Magnetfeldsensorvorrichtung **101** für Diagnosefunktionen bereitgestellten Signale bereitstellen, zum Beispiel basierend auf dem Signal *c*, *d*, Code *Vbias*

und Code *Vref* von **Fig. 6**. In anderen Ausführungsformen kann eine derartige Auswertung durch das ECU-System **102** durchgeführt werden. In noch anderen Ausführungsformen, zum Beispiel wie in Bezug auf **Fig. 7** und **Fig. 8** beschrieben, kann eine derartige Auswertung intern in der Magnetfeldsensorvorrichtung **101** durchgeführt werden.

**[0094]** Das System von **Fig. 10** ist lediglich eine beispielhafte Umgebung, und Magnetfeldsensorvorrichtungen wie hierin beschrieben können im Allgemeinen in Anwendungen verwendet werden, bei denen ein Magnetfeld gemessen werden soll.

**[0095]** **Fig. 11** ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht. Auch wenn das Verfahren von **Fig. 11** als eine Reihe an Vorgängen oder Ereignissen veranschaulicht ist, soll die Reihenfolge, in der diese Vorgänge oder Ereignisse gezeigt und beschrieben sind, nicht als einschränkend aufgefasst werden. Beispielsweise können Vorgänge und Ereignisse in einer unterschiedlichen Reihenfolge im Vergleich zu der gezeigten Reihenfolge durchgeführt werden, und/oder manche der Vorgänge oder Ereignisse können gleichzeitig durchgeführt werden, zum Beispiel unter Verwendung unterschiedlicher Teile einer Schaltung. Das Verfahren von **Fig. 11** kann unter Verwendung von einer beliebigen der zuvor erörterten Magnetfeldsensorvorrichtungen umgesetzt werden, ist aber nicht darauf beschränkt.

**[0096]** Bei **110** in **Fig. 11** umfasst das Verfahren das Bereitstellen einer Magnetfeldsensorvorrichtung. Die Magnetfeldsensorvorrichtung kann einen Magnetfeldsensor umfassen, der einer Vielzahl von Schaltern zugeordnet ist. Beispielsweise kann die Magnetfeldsensorvorrichtung eine Magnetfeldsensorvorrichtung wie oben in Bezug auf **Fig. 1–Fig. 9** erörtert sein.

**[0097]** Bei **111** werden die Schalter der Magnetfeldsensorvorrichtung gesteuert, um eine Spinning-Strom-Auslesung bereitzustellen. Bei **112** wird Fehlerinformation basierend auf der Spinning-Strom-Auslesung bereitgestellt. Beispielsweise können Partialsummen wie oben erklärt gebildet und miteinander verglichen werden, und/oder es kann ein Offset berechnet werden.

**[0098]** Bei **113** werden die Schalter gesteuert, um zusätzliche Fehlerinformation bereitzustellen. Beispielsweise können Schalter zusätzlich zu den bei **111** gesteuerten gesteuert werden, um einen Fehlerstrom einzuspeisen und/oder eine Messung eines Vorstroms oder einer Referenzspannung zu ermöglichen, zum Beispiel wie zuvor erklärt. Es soll angemerkt werden, dass in der Ausführungsform von **Fig. 11** in manchen Fällen entweder die **111** zugeordneten Vorgänge oder die **113** zugeordneten Vorgän-

ge weggelassen werden können, wobei nur ein Teil der Fehlerinformation bereitgestellt wird.

**[0099]** Die obenstehenden Ausführungsformen dienen nur als Beispiele und sollen nicht als einschränkend aufgefasst werden.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung, umfassend:

einen Magnetfeldsensor,  
eine Vielzahl von Schaltern, die dem Magnetfeldsensor zugeordnet sind, und  
eine Steuerungsschaltung, die eingerichtet ist, die Vielzahl von Schaltern zu steuern und um zumindest ein Signal, das für eine Störung indikativ ist, basierend auf dem Betrieb der Schalter bereitzustellen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Steuerungsschaltung eingerichtet ist, um zumindest manche der Vielzahl von Schaltern zu steuern, um ein Spinning-Strom-Schema auf den Magnetfeldsensor anzuwenden, wobei das Spinning-Strom-Schema eine Vielzahl von Phasen umfasst, in denen unterschiedliche Anschlüsse des Magnetfeldsensors zur Vorspannung und zur Auslesung verwendet werden.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Steuerungsschaltung eingerichtet ist, zumindest zwei Partialsummen über Ausleseergebnissen der Vielzahl von Phasen zu bilden, um das zumindest ein Signal bereitzustellen.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Steuerungsschaltung eingerichtet ist, ein Signal bereitzustellen, das einen Fehler anzeigt, falls eine Differenz zwischen zwei der Partialsummen einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2–4, wobei die Steuerungsschaltung eingerichtet ist, einen Offset basierend auf Ausleseergebnissen der Vielzahl von Phasen zu erhalten.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–5, wobei die Steuerungsschaltung eingerichtet ist, zumindest einen von der Vielzahl von Schaltern zu steuern, um einen Fehlerstrom in den Magnetfeldsensor einzuspeisen, und ferner eingerichtet ist, korrekten Betrieb des Bereitstellens des zumindest einen Signals, das indikativ für eine Störung ist, basierend auf dem eingespeisten Fehlerstrom auszuwerten.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–6, wobei die Steuerungsschaltung eingerichtet ist, um zumindest einen der Vielzahl von Schaltern zu steuern, um zumindest eines von einem Vorstrom und einer Vorspannung, die den Magnetfeldsensor vorspannt, zu messen.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, umfassend einen ersten Analog-Digital-Wandler, der eingerichtet ist, eine Ausgabe des Magnetfeldsensors, die für ein Magnetfeld repräsentativ ist, zu messen, und einen zweiten Analog-Digital-Wandler, der eingerichtet ist, den Vorstrom oder die Vorspannung zu messen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, umfassend einen Analog-Digital-Wandler, wobei der Analog-Digital-Wandler eingerichtet ist, ein Ausgabesignal des Magnetfeldsensors, das für ein Magnetfeld indikativ ist, zu messen, und ferner eingerichtet ist, den Vorstrom oder die Vorspannung zu messen.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7–9, wobei zumindest ein Analog-Digital-Wandler der Vorrichtung ferner eingerichtet ist, um zumindest eine weitere Größe zu messen.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–10, ferner umfassend einen Ausgang, um das zumindest ein Signal für eine weitere Einheit bereitzustellen, um es der weiteren Einheit zu ermöglichen, eine mögliche Störung zu bestimmen.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–11, wobei die Vorrichtung eine integrierte Vorrichtung auf einem einzelnen Chip ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–12, wobei der Magnetfeldsensor einen Hall-Sensor umfasst.

14. Magnetfeldsensorvorrichtung, umfassend: einen Magnetfeldsensor, wobei der Magnetfeldsensor eine Vielzahl von Anschlüssen umfasst, eine Vorspannungsquelle, zumindest einen Analog-Digital-Wandler, eine Vielzahl von Schaltern, und eine Steuereinheit, wobei die Steuereinheit eingerichtet ist, die Vielzahl von Schaltern zu steuern, um die Vorspannungsquelle und den Analog-Digital-Wandler wahlweise mit der Vielzahl von Anschlüssen während einer Vielzahl von Phasen zu koppeln, eine Summierungsschaltung, um zumindest zwei Partialsummen über Ausgaben des Analog-Digital-Wandlers in unterschiedlichen Phasen der Vielzahl von Phasen bereitzustellen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei die Steuereinheit ferner eingerichtet ist, eine Differenz zwischen der Vielzahl von Partialsummen auszuwerten und ein Fehlersignal auszugeben, wenn die Differenz einen Schwellenwert übersteigt.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, wobei die Steuereinheit ferner konfiguriert ist, um Ausgaben des Analog-Digital-Wandlers in unterschiedli-

chen Phasen zu kombinieren, um einen Offset der Vorrichtung zu bestimmen.

17. Verfahren, umfassend:

Bereitstellen eines Magnetfeldsensors, Steuern von Schaltern, die dem Magnetfeldsensor zugeordnet sind, wobei das Steuern der Schalter das Steuern von zumindest einigen der Schalter umfasst, um eine Spinning-Strom-Auslesung in einer Vielzahl von Phasen bereitzustellen, Bereitstellen von Fehlerinformation basierend auf dem Steuern der Schalter.

18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei das Bereitstellen von Fehlerinformation ein Berechnen von zumindest zwei Partialsummen über die Spinning-Strom-Auslesungen und das Auswerten einer Differenz zwischen den Partialsummen umfasst.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, wobei das Bereitstellen von Fehlerinformation ein Berechnen eines Offsets basierend auf den Spinning-Strom-Auslesungen umfasst.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17–19, wobei das Steuern der Schalter ein Steuern von zumindest einigen der Schalter für zumindest eines von Bereitstellen zusätzlicher Fehlerinformation, Bereitstellen zusätzlicher Abgleichmessungen und Bereitstellen zusätzlicher Diagnosemessungen umfasst.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

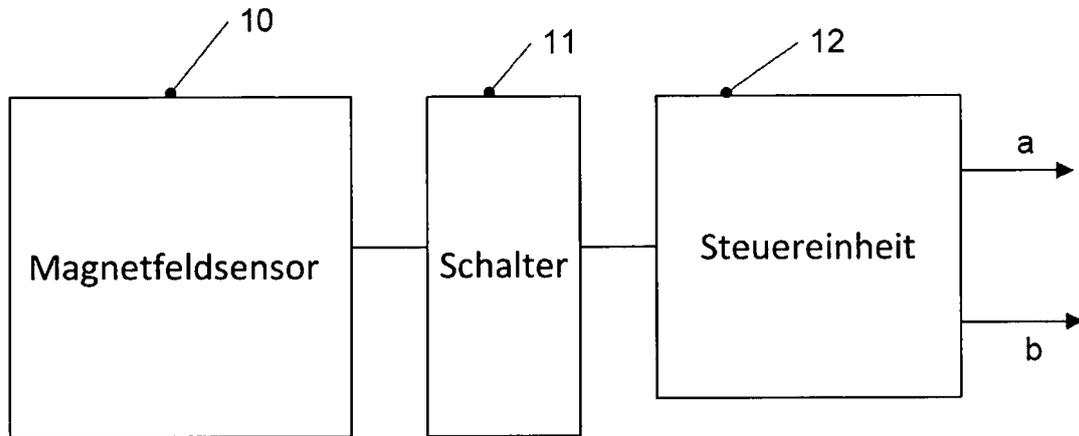


Fig. 1

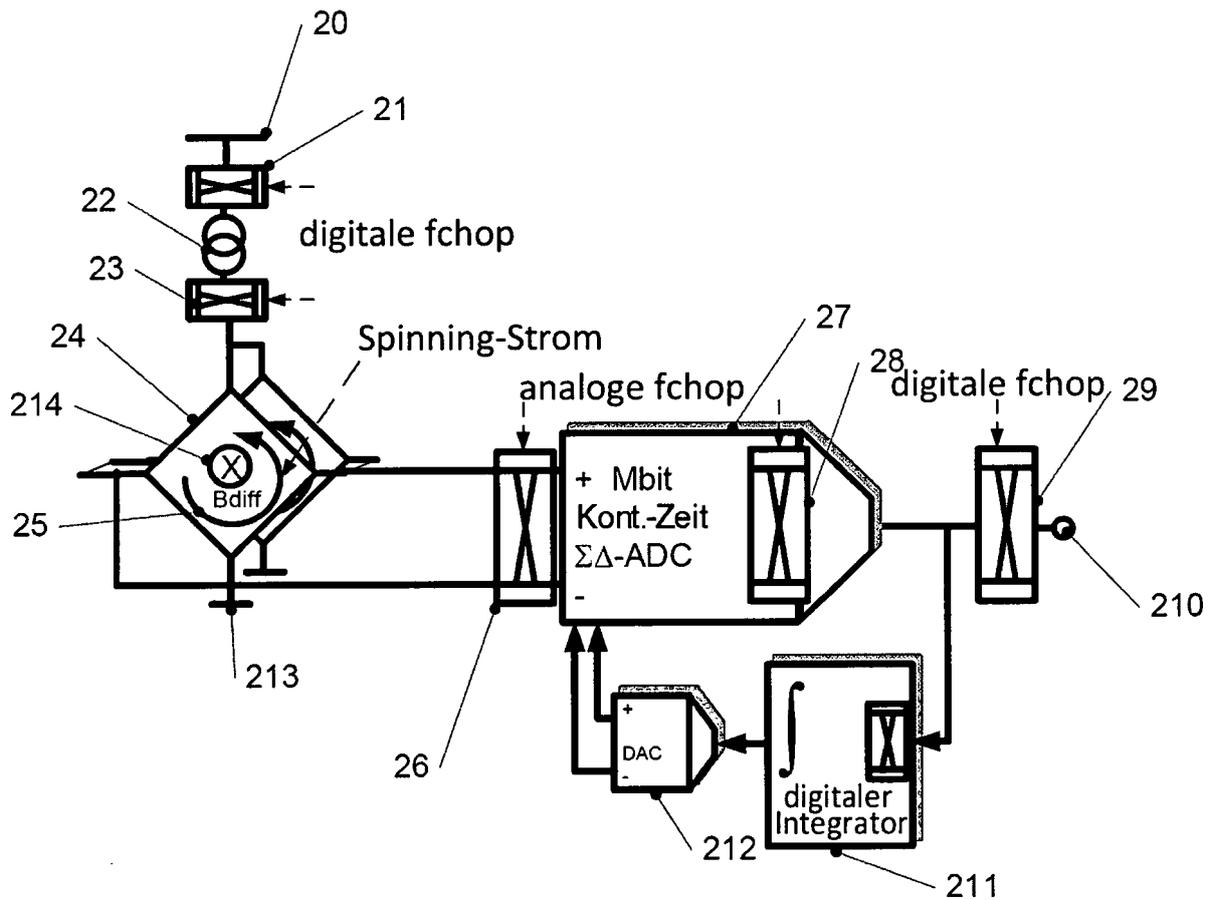


Fig. 2

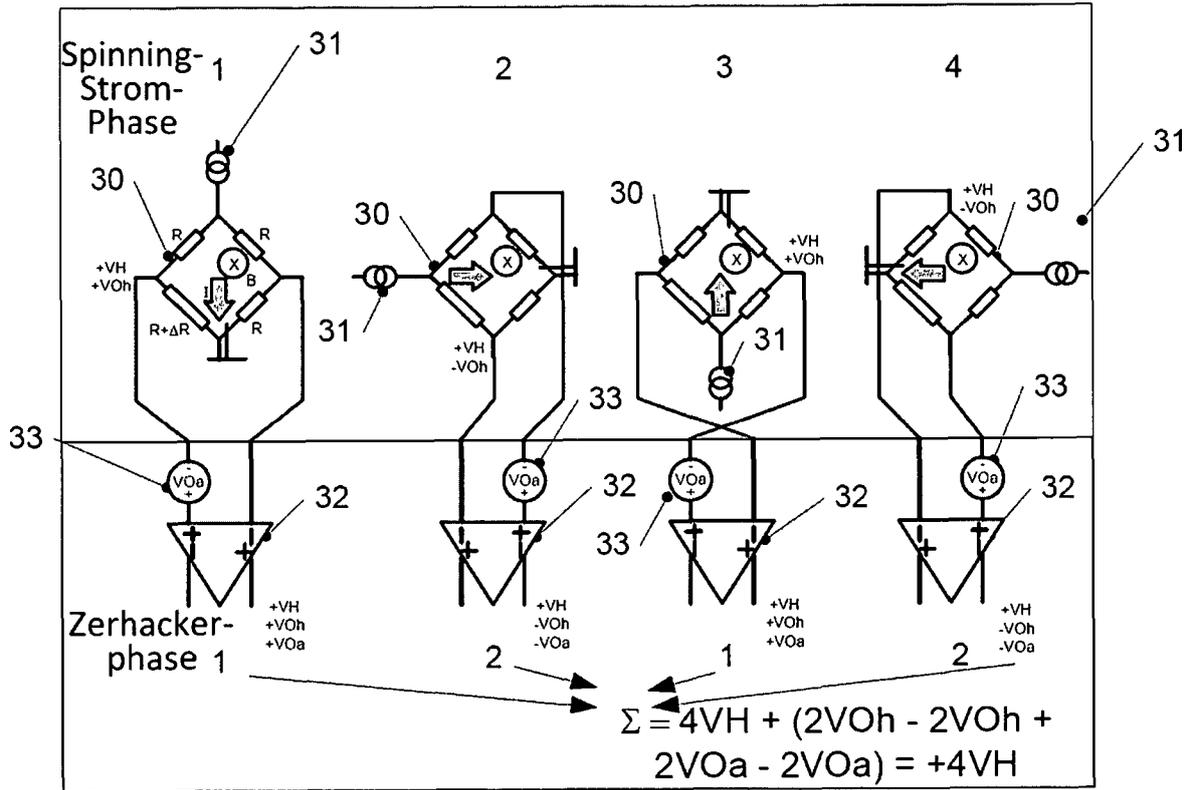


Fig. 3

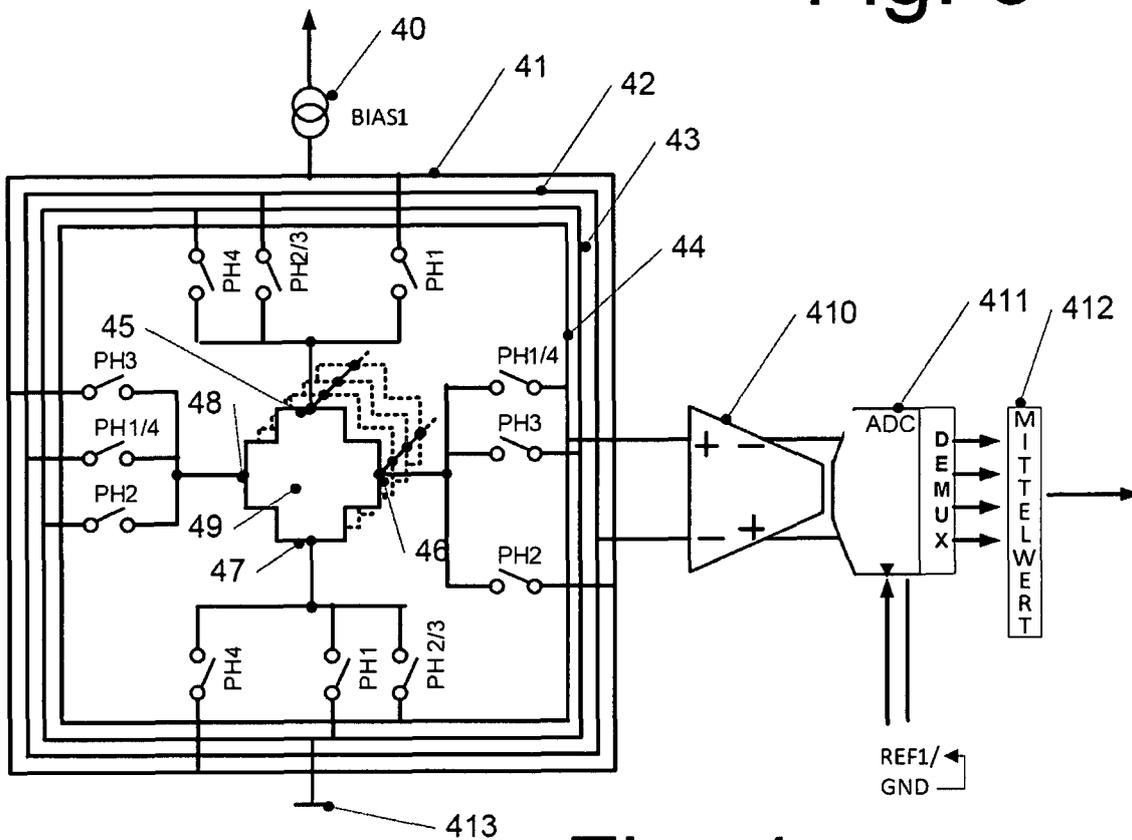


Fig. 4

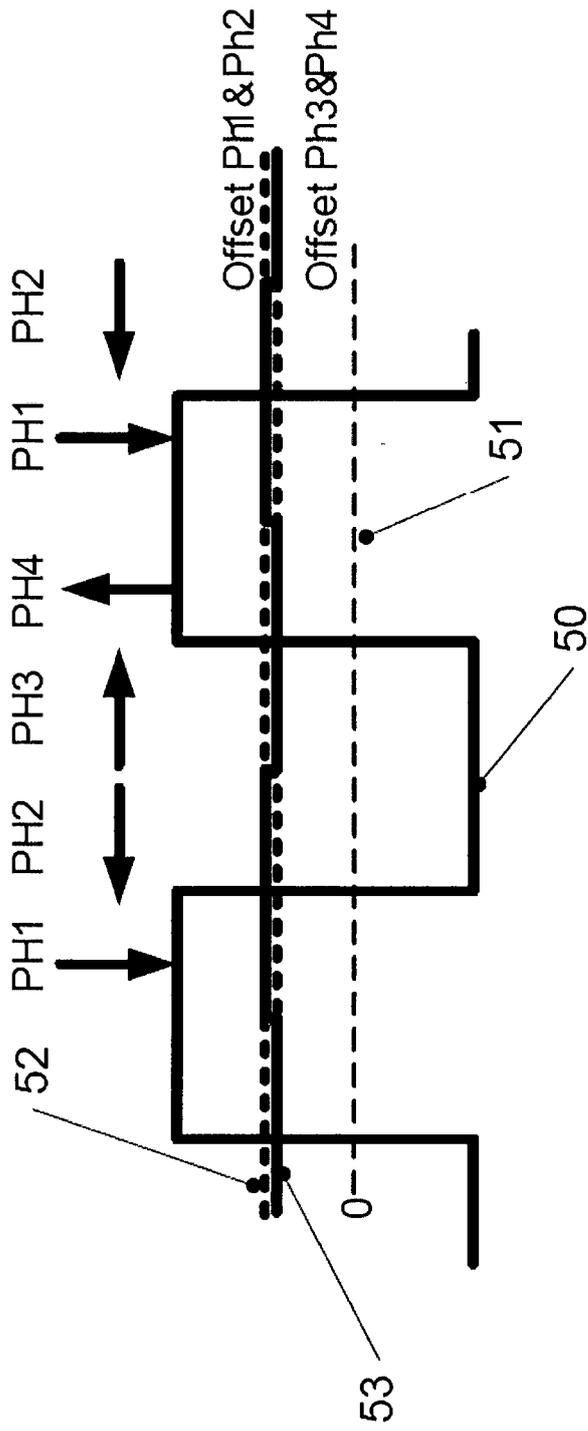


Fig. 5





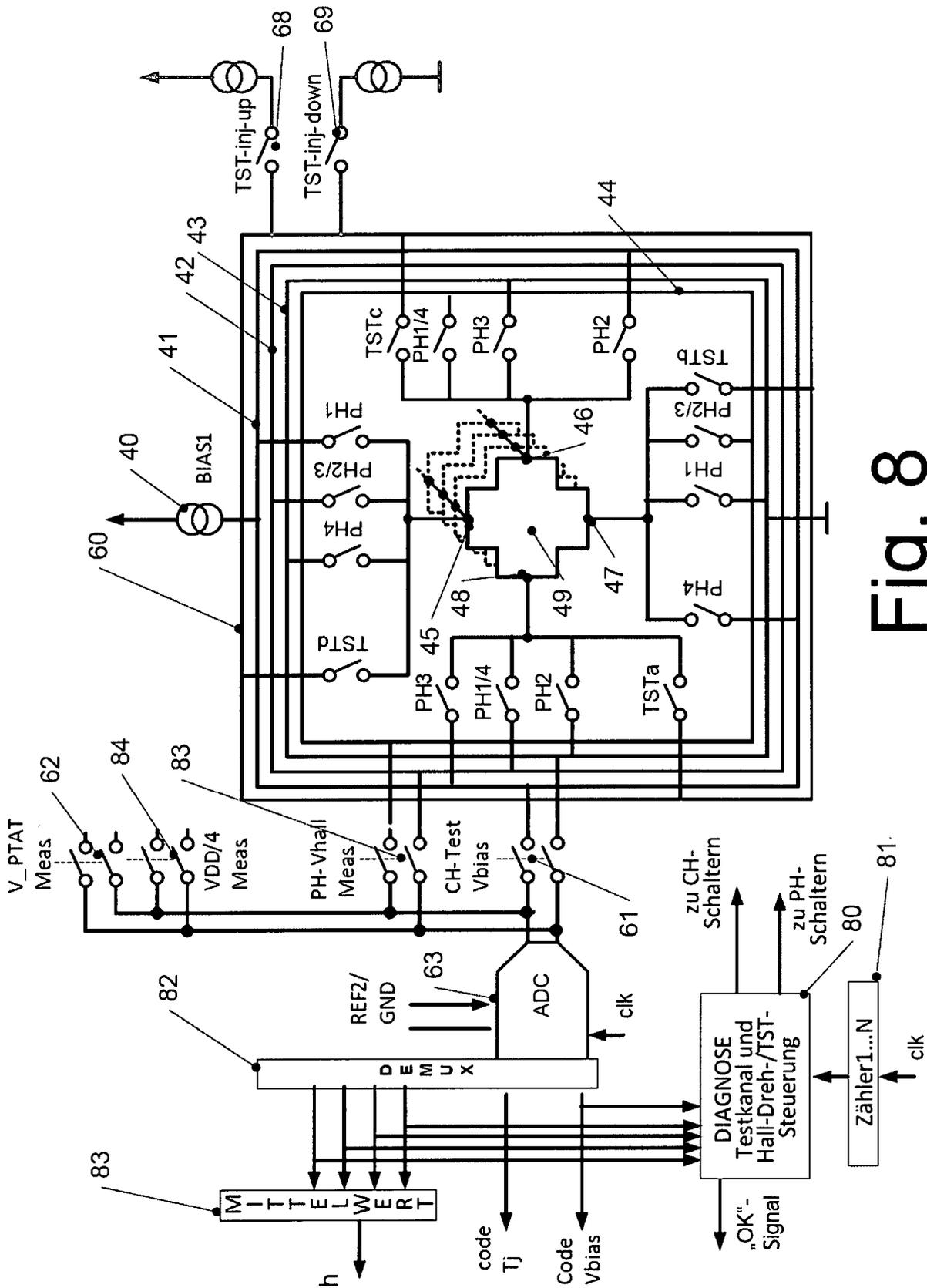


Fig. 8

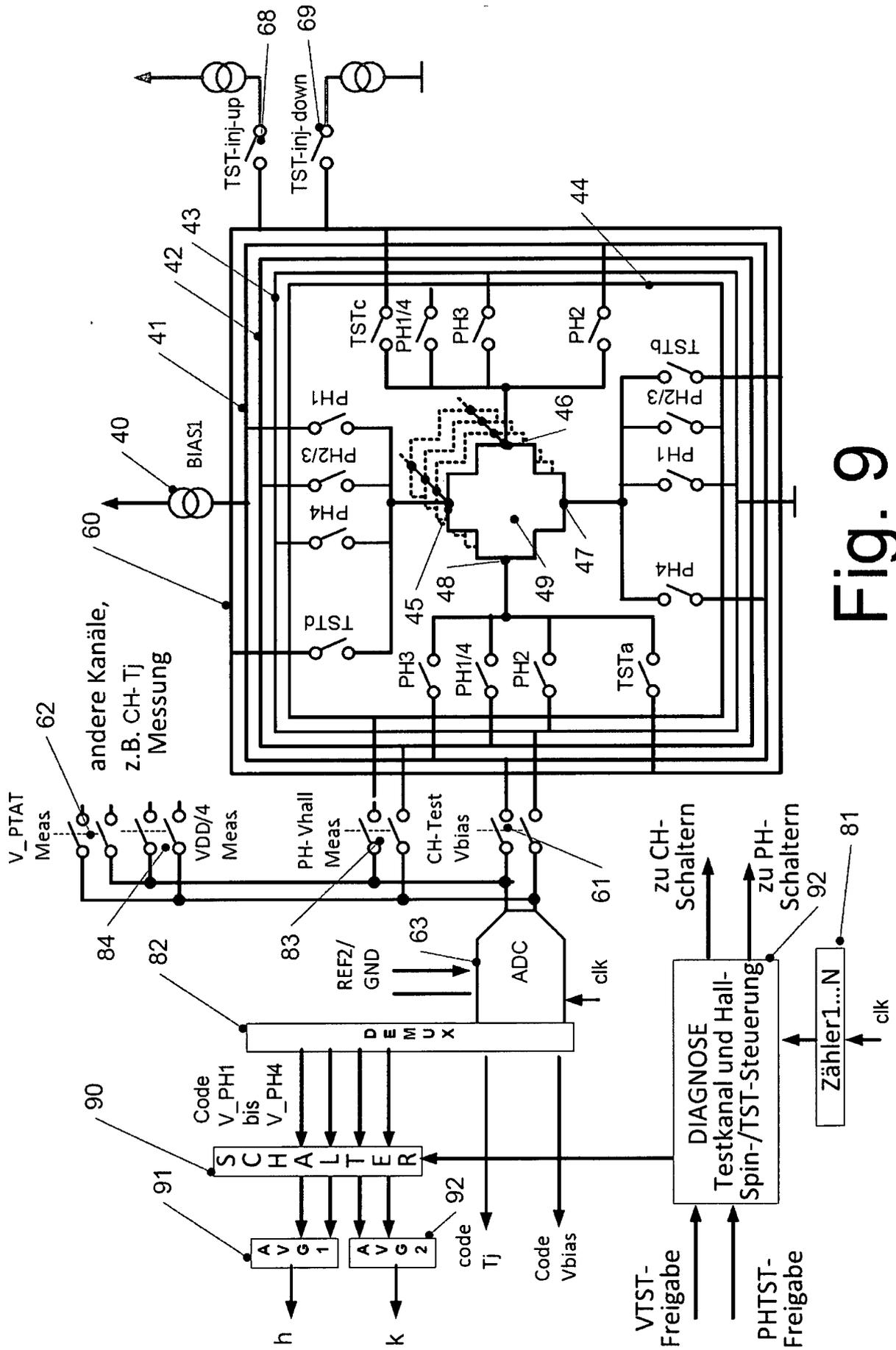


Fig. 9

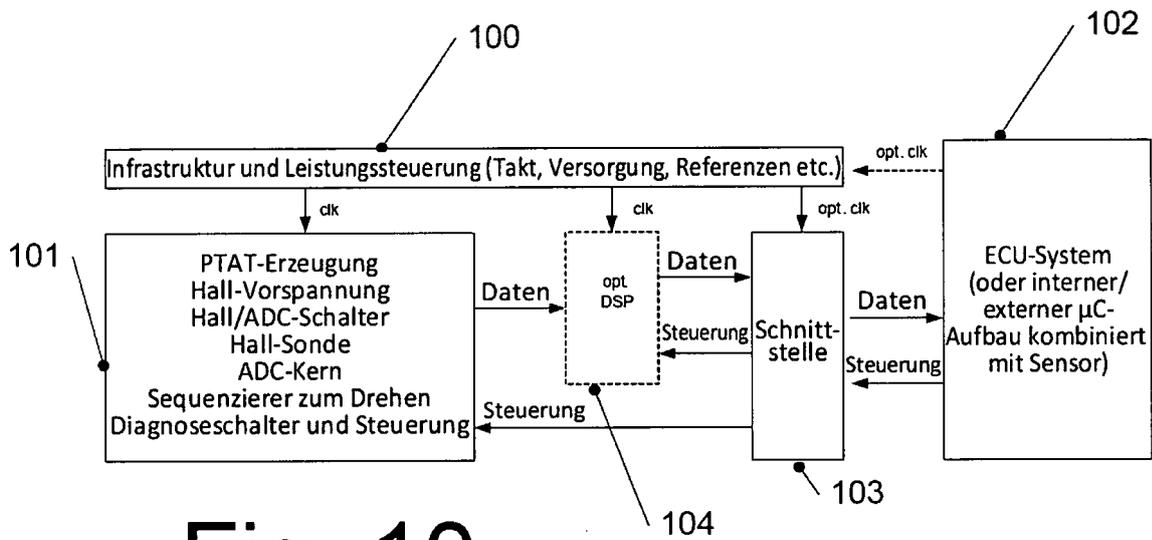


Fig. 10

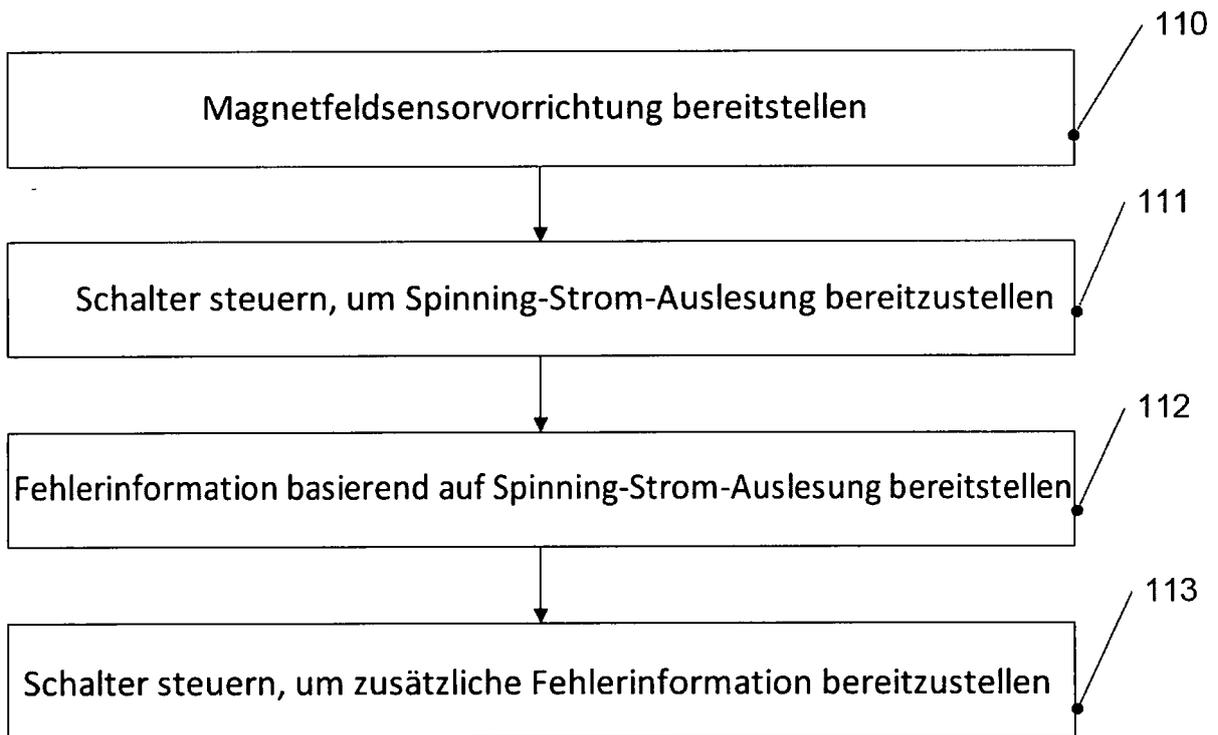


Fig. 11