



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 673 337 A5

⑤① Int. Cl.⁵: G 01 L 3/22
G 01 M 13/04

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑫① Gesuchsnummer: 5221/86

⑦③ Inhaber:
Dieter Alex Rufer, Emmenbrücke

⑫② Anmeldungsdatum: 29.12.1986

⑫④ Patent erteilt: 28.02.1990

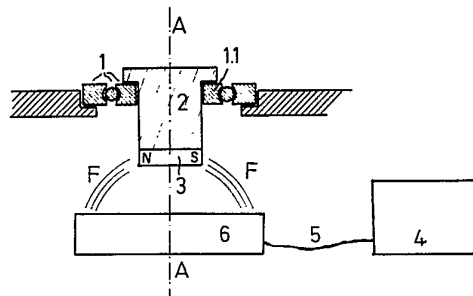
⑫⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 28.02.1990

⑦② Erfinder:
Rufer, Dieter Alex, Emmenbrücke

⑤④ **Verfahren zum Vergleich der Grösse eines Drehmoments mit einem Bezugswert, Anwendungen des Verfahrens und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.**

⑤⑦ Das Verfahren und die Vorrichtung sind zum Vergleich des zum Drehen eines mechanischen Elements, z.B. des inneren Teils (1.1) eines Kugellagers (1), benötigten Drehmoments mit einem Bezugswert vorgesehen.

Mit dem zu drehenden Element (1.1) ist dauernd oder nur vorübergehend ein permanentmagnetischer Körper (3) verbunden. Eine Vorrichtung (4, 5, 6) erzeugt mittels feststehender Magnetspulen ein drehendes Magnetfeld von veränderbarer Stärke, welches antreibend auf den permanentmagnetischen Körper (3) einwirkt. Diese Anordnung hat ein maximal übertragbares Drehmoment, welches gleich dem Bezugswert ist und sich aus der Stärke des Magnetfeldes und den magnetischen Eigenschaften des permanentmagnetischen Körpers ergibt. Vermag das zu untersuchende, drehbare Element dem antreibenden Magnetfeld zu folgen, so ergibt sich, dass der Bezugswert mindestens so gross ist wie das zum Drehen des Elements benötigte Drehmoment. Eine nützliche Anwendung ist die Qualitätskontrolle. Durch einfache Beobachtung des Drehzustandes (drehend - nicht-drehend) können die leichtgängigen von den schwergängigen Prüflingen unterschieden werden. Die Anwendung des Verfahrens gestattet bei systematischer Veränderung des Bezugswertes die iterative Drehmomentmessung.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Vergleich der Grösse des zum Drehen eines mechanischen Elements (1.1) benötigten Drehmoments mit einem Bezugswert, dadurch gekennzeichnet, dass während einer endlichen Zeitspanne ein drehendes Magnetfeld (F-F) antreibend auf mindestens einen mit dem mechanischen Element in Verbindung stehenden permanentmagnetischen Körper (3) einwirkt, dass der Drehzustand des mechanischen Elements festgestellt wird und dass aus der Feststellung, dass das mechanische Element dem drehenden, antreibenden Magnetfeld entweder synchron drehend folgt oder nicht, darauf geschlossen wird, dass das zum Drehen des Elements benötigte Drehmoment im ersten Fall höchstens so gross wie der Bezugswert ist und im zweiten Fall grösser als der Bezugswert ist, wobei der Bezugswert gleich dem maximal übertragbaren Drehmoment ist, welches durch die Stärke des drehenden Magnetfeldes, wie auch durch die magnetischen Eigenschaften des permanentmagnetischen Körper bestimmt ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass während der endlichen Zeitspanne die Stärke des antreibenden, drehenden Magnetfeldes verändert wird.

3. Verfahren nach Patentanspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die endliche Zeitspanne eine erste Phase mit zunehmender Drehfrequenz (f) und eine nachfolgende zweite Phase enthält, während der der Maximalwert (H2) der Stärke des Magnetfeldes kleiner ist als der Minimalwert (H1) der Stärke des Magnetfeldes während der ersten Phase.

4. Anwendung des Verfahrens nach Patentanspruch 1 zur Beurteilung der Leichtgängigkeit von Zählwerken (10) von Volumenzählern.

5. Anwendung des Verfahrens nach Patentanspruch 1 zur Messung des zum Drehen des mechanischen Elements benötigten Drehmoments durch die systematische Anwendung von Vergleichsschritten mit verschiedenen, bekannten Bezugswerten in der Weise, dass sich der Bezugswert dem zu messenden Drehmoment annähert.

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Patentanspruch 1 mit einem Steuerteil (4) und einem Antriebsteil (6), dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerteil phasenverschobene periodische elektrische Ströme liefert, welche im Antriebsteil mittels bezüglich des Antriebsteils stationären Magnetspulen (8, 8', 8'', 8''') in mindestens ein drehendes Magnetfeld umgesetzt werden.

7. Vorrichtung gemäss Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetspulen (8, 8', 8'', 8''') auf mindestens einem ringförmigen Kern (7) mit weichmagnetischen Eigenschaften angebracht und so zusammengeschaltet sind, dass bei Erregung mit geeigneten phasenverschobenen periodischen elektrischen Strömen in der Umgebung der Achse des ringförmigen Kerns ein diametrales drehendes Magnetfeld entsteht.

8. Vorrichtung gemäss Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerteil (4) eine elektronische Schaltung zur Steuerung der Frequenz und der Amplitude der die Magnetspulen des Antriebsteils erregenden periodischen elektrischen Ströme enthält, welche während einer ersten Phase eine zunehmende Frequenz und während einer nachfolgenden zweiten Phase einen gegenüber dem Minimalwert der Amplitude während der ersten Phase verminderten Maximalwert der Amplitude während dieser zweiten Phase bewirkt.

9. Vorrichtung gemäss Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Ende der zweiten Phase durch das Erreichen einer bestimmten Anzahl Umdrehungen des drehenden Magnetfeldes während dieser zweiten Phase definiert ist, und dass nachfolgend durch die elektronische Schaltung ein Signal gegeben wird.

10. Vorrichtung gemäss Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Antriebsteil (6) mindestens einen Magnetfeldsensor (9) enthält.

BESCHREIBUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vergleich der Grösse eines Drehmoments mit einem Bezugswert, Anwendungen des Verfahrens und eine entsprechende Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Die Erfindung bezieht sich auf das Problem der Beurteilung der Grösse von Drehmomenten, wie sie beispielsweise durch die Reibung entstehen, wenn ein mechanisches Element gedreht wird. In vielen Anwendungsfällen besteht ein solches mechanisches Element entweder aus einer einzelnen Achse oder aus einer innerhalb einer zusammengesetzten mechanischen Baugruppe mit weiteren mechanischen Bauteilen in Verbindung stehenden Achse. Beispiele solcher mechanischer Baugruppen sind Wälzlager, Zahnradgetriebe oder auch Umdrehungszählwerke, wie sie bei Wassermessern eingesetzt werden.

Die zur Überwindung der Reibung nötigen Drehmomente sind vor allem dann nachteilig, wenn die einzelnen Bauteile bzw. Baugruppen in Instrumenten und Messgeräten eingesetzt werden. In solchen Fällen wird vielfach sowohl die Empfindlichkeit, wie auch die Messgenauigkeit durch den Reibungswiderstand verschlechtert.

Sowohl für die Entwicklung und Herstellung, wie auch für die Wartung von mechanischen Elementen und Baugruppen besteht daher der Bedarf für ein geeignetes Verfahren und für eine entsprechende Vorrichtung zum Vergleich der Grössen der zum Drehen benötigten Drehmomente mit einem Bezugswert.

Für die Beurteilung der Reibungsdrehmomente von Spitzenlagern wurde die Anwendung eines Ferraris-Motors erwähnt (R. Kölzner, Dissertation Technische Universität Dresden, 1964/65). Bei diesem Verfahren wird durch Wirbelströme in einer elektrisch leitenden Scheibe ein der Grösse nach bekanntes Drehmoment erzeugt und auf das zu untersuchende mechanische Element übertragen. Aus der Beobachtung der bei den angewendeten Bedingungen möglicherweise erzeugten Drehung der Scheibe bzw. des mechanischen Elements kann über das zum Drehen benötigte Drehmoment eine Aussage gemacht werden. Zur Erzeugung der Wirbelströme bzw. des antreibenden Drehmoments sind starke Wechselstrom-Magnetfelder nötig, was die Anwendung enger Luftspalten zwischen den Polen der Elektromagnete erfordert und dadurch die Montage der Scheibe erschwert. Durch die Anwendung des Wechselstromes ergeben sich ruckartige Beschleunigungen in verschiedenen Richtungen, was beispielsweise bei der Messung von Reibungsdrehmomenten die Messresultate beeinflusst.

Bei Instrumentenmechanikern und auch bei Herstellern von Wasserzähler-Zählwerken sind zur Feststellung des Drehwiderstandes kleine Windrädchen in Gebrauch. Der Druck eines Gases, welches über eine Düse das Windrädchen anströmt, ist dabei ein Mass für das erzeugte Drehmoment. Neben der teils unbefriedigenden Reproduzierbarkeit ist bei dynamischen Messungen die Tatsache nachteilig, dass das erzeugte Drehmoment von der Geschwindigkeit des Windrädchens abhängt.

Im weiteren könnten die für Drehmoment-Messungen üblichen Verfahren in Betracht gezogen werden, um ein Drehmoment mit einem Bezugswert zu vergleichen. Diese Verfahren beruhen meist auf der Deformation eines elastischen Körpers. Für die Messung kleiner Drehmomente wird

oft die Verdrehung eines feinen, gestreckten Quarzfadens angewendet. Dieses vom Prinzip her einfache Verfahren erfordert aber eine ausserordentliche Sorgfalt und neigt zu ausgeprägten Schwingungen.

Die bisherigen Verfahren erfordern teils auch zusätzliche Lager, was eine Verminderung der Genauigkeit bewirkt, sie sind empfindlich bezüglich der Handhabung oder sie sind ungenau und sie eignen sich schlecht für serienmässige Prüfungen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren, wie auch eine entsprechende Vorrichtung zu schaffen, welche zum Vergleich der Grösse des zum Drehen eines mechanischen Elements benötigten Drehmoments mit einem Bezugswert dienen, welche eine hohe Genauigkeit ermöglichen, welche leicht anzuwenden sind, welche sich für serienmässige Anwendung eignen und welche in den bevorzugten Anwendungsfällen für die praktische Durchführung keine zusätzlichen Lager erfordern.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 und 6 gelöst. Vorteilhafte Ausbildungen des Verfahrens und Ausführungsformen des zur Durchführung des Verfahrens bestimmten Vorrichtung, sowie spezielle Anwendungen des Verfahrens entnimmt man den übrigen Ansprüchen und der Beschreibung.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Beschreibungen und Zeichnungen verschiedener Ausführungsbeispiele erläutert.

Figur 1 zeigt die seitliche Darstellung einer Vorrichtung zur Prüfung des Reibungsdrehmoments eines Kugellagers.

Figur 2 zeigt als Sequenzdiagramm den zeitlichen Verlauf der Feldstärke H und der Drehfrequenz f des antreibenden Magnetfeldes bei einer Ausführungsform des Verfahrens.

Figur 3 zeigt, mit Blick in Richtung der Achse, den schematischen Aufbau eines Antriebsteils, bei welchem die feststehenden Magnetspulen auf einem ringförmigen Kern angebracht sind.

Figur 4 zeigt die seitliche Darstellung des Antriebsteils der Vorrichtung mit einem Wasserzähler-Zählwerk als zu untersuchende mechanische Baugruppe.

Figur 1 veranschaulicht die erfindungsgemässe Vorrichtung und das entsprechende Verfahren anhand einer Anordnung zum Vergleich des zum Drehen des inneren Teils 1.1 eines Kugellagers 1 benötigten Drehmoments mit einem Bezugswert. In den inneren Teil 1.1 des Kugellagers, dem drehbaren mechanischen Element, ist ein Hilfskörper 2 eingesteckt, an dem ein permanentmagnetischer Körper 3 (Magnetpole N und S) mit einem von Null verschiedenen magnetischen Dipolmoment befestigt ist. Der elektronische Steuerteil 4 erregt über die Verbindungsleitung 5 die im Antriebsteil 6 befestigten Magnetspulen im Antriebsteil 8 während einer endlichen Zeitspanne derart mit phasenverschobenen sinusförmigen Wechselströmen, den periodischen elektrischen Strömen, dass ein bezüglich der Achse A-A drehendes Magnetfeld entsteht. Dieses drehende Magnetfeld – durch die Linien F-F angedeutet – wirkt antreibend auf den permanentmagnetischen Körper 3 und über den Hilfskörper 2 durch Haftreibung auf den inneren Teil 1.1 des Kugellagers 1. Diese Anordnung hat ein maximal übertragbares Drehmoment, welches in erster Näherung proportional der Feldstärke und proportional dem magnetischen Dipolmoment des permanentmagnetischen Körpers ist. Sowohl die Frequenz, wie auch die Amplitude der phasenverschobenen sinusförmigen Wechselströme und damit auch die Drehfrequenz und die Stärke des drehenden Magnetfeldes, sind am Steuerteil der Vorrichtung einstellbar.

Der Ablauf einer Ausführungsform des Verfahrens ist im

Sequenzdiagramm von Figur 2 veranschaulicht. Die Stärke H des antreibenden Drehmagnetfeldes und dessen Drehfrequenz f sind in Abhängigkeit der Zeit t aufgezeichnet. Während einer ersten Phase wird ein Drehmagnetfeld von der Stärke H_1 erzeugt, dessen Drehfrequenz langsam zunimmt. Das bei dieser Feldstärke maximal übertragbare Drehmoment ist dabei wesentlich grösser als die Summe des Drehbeschleunigungsdrehmoments und des zum Drehen des mechanischen Elements benötigten Drehmoments. Der Hilfskörper 2 mitsamt dem inneren Kugellagerteil 1.1 dreht also synchron, d. h. mit der gleichen Drehfrequenz, mit dem antreibenden Drehmagnetfeld. Während der nachfolgenden zweiten Phase wird die Stärke des antreibenden Magnetfeldes auf einen kleineren Wert H_2 reduziert. Am Ende dieser zweiten Phase wird der Drehzustand des mechanischen Elements 1.1, bzw. des Hilfskörpers 2 festgestellt, d. h. es wird beobachtet, ob der innere Kugellagerteil 1.1 synchron mitdreht oder nicht. Wird nun festgestellt, dass kein Mitdrehen mehr stattfindet, so war das durch die Reibung im Kugellager verursachte Drehmoment grösser als das aus dem zweiten Wert H_2 der Feldstärke und dem Dipolmoment des permanentmagnetischen Körpers bestimmte, maximal übertragbare Drehmoment, welches gleich dem Bezugswert ist. Andernfalls war das Reibungsdrehmoment kleiner oder gleich dem entsprechenden maximal übertragbaren Drehmoment.

Diese beiden Aussagen sind für die Qualitätskontrolle sehr nützlich. Der Wert H_2 der Feldstärke des Drehmagnetfeldes ist hier so eingestellt, dass der dadurch bestimmte Drehmomentwert gleich dem gerade noch annehmbaren Reibungsdrehmoment ist. Am Ende der zweiten Phase stellt eine Person durch Beobachtung des Drehzustandes des Prüflings mit Leichtigkeit fest, ob der Prüfling den Wert des noch annehmbaren Reibungsdrehmoments überschritten hat und somit von minderer Qualität ist.

Die Mindestdauer der endlichen Zeitspanne, während der das drehende Magnetfeld auf den permanentmagnetischen Körper einwirkt, ist die Summe der Zeitspannen für die erste Phase und für die zweite Phase. Sofern die Feststellung des Drehzustandes nicht momentan erfolgt, so werden die Werte der Frequenz und der Feldstärke über die zweite Phase hinaus beibehalten, bis die Feststellung des Drehzustandes abgeschlossen ist. Die oben erwähnte Mindestdauer verlängert sich dann um diesen Wert. Die Dauer der ersten Phase bzw. die Grösse der Drehbeschleunigung sind dabei so gewählt, dass das maximal übertragbare Drehmoment wesentlich grösser ist als die Summe des Drehbeschleunigungsdrehmoments und des zum Drehen des mechanischen Elements benötigten Drehmoments. Im erwähnten Anwendungsfall ist es zudem nützlich, die Dauer der ersten Phase über den Minimalwert hinaus zu verlängern, um vor dem Einleiten der zweiten Phase durch die ausgeführten Drehungen eine genügende Gleichmässigkeit der Verteilung des Schmiermittels im Kugellager zu erreichen. Die Dauer der zweiten Phase richtet sich hier vor allem nach der angewendeten Frequenz, dem Trägheitsmoment der drehenden Masse und dem auftretenden Reibungsdrehmoment. Vorteilhafterweise wird die Dauer der zweiten Phase im Verhältnis zur Auslaufzeit im Falle des Nicht-Mitdrehens derart gewählt, dass am Ende der zweiten Phase der Drehzustand leicht feststellbar ist.

Figur 3 veranschaulicht schematisch den ringförmigen Kern 7 aus weichmagnetischem Material und die darauf angebrachten, feststehenden Magnetspulen 8', 8'', 8''' des Antriebsteils der Vorrichtung. Bei dieser Spulenanordnung ist auf jedem Quadranten des Ringkerns 7 aus Trafoblechband eine Magnetspule aus lackisoliertem Kupferdraht angebracht. Jeweils zwei gegenüberliegende Spulen 8-8', 8''-8''' sind in Serie geschaltet. Von den zwei Möglichkeiten, die

gegenüberliegenden Magnetspulen in Serie zu schalten, ist für die erfindungsgemässe Vorrichtung nur diejenige von Interesse, bei welcher gleichnamige Magnetpole auf denselben Spulenseiten entstehen. Dadurch ergibt sich ein ausgeprägtes diametrales Magnetfeld. Jede der vier Spulen hat die gleiche Windungszahl. Der Steuerteil erregt nun die beiden Spulenpaare mit zwei sinusförmigen, um 90° gegeneinander phasenverschobenen Wechselströmen mit gleichen Amplituden, wodurch in der Umgebung der Achse des Ringkerns ein gleichmässig drehendes, diametrales Magnetfeld entsteht und dank der gleichmässigen Verteilung des weichmagnetischen Materials auch eine gleichmässige Drehung des permanentmagnetischen Körpers ermöglicht. Die Magnetspulen und der weichmagnetische Kern sind derart dimensioniert, dass die Feldstärke des Drehmagnetfeldes innerhalb der gewünschten Toleranzgrenze proportional zur Amplitude der erregenden Wechselströme ist. Bei gewissen Anwendungsfällen ist es vorteilhaft, ein möglicherweise vorhandenes äusseres Magnet-Gleichfeld durch Addition entsprechender Gleichströme zu den sinusförmigen Wechselströme zu kompensieren.

Die Dimensionierung der Magnetspulen und des Kerns ergibt sich für den Fachmann aus der im einzelnen Fall benötigten Feldstärke, aus den Gesetzen des Magnetismus und aus experimentellen Untersuchungen.

Bei einer anderen Ausführungsform des Verfahrens wird das Anlaufdrehmoment von beispielsweise einem Kugellager mit einem Bezugswert verglichen. Dazu wird die Stärke des Magnetfeldes auf den dem Bezugswert entsprechenden Wert eingestellt und die Drehfrequenz des antreibenden Magnetfeldes langsam gesteigert.

In einer weiteren Ausführungsform ist das Verfahren so ausgeführt und die Vorrichtung entsprechend konstruiert, dass der Antriebsteil mehrere Drehmagnetfelder mit örtlich verschiedenen Lagen der Drehachsen erzeugt und somit die gleichzeitige Untersuchung mehrere Prüflinge ermöglicht.

In Figur 4 ist die Anwendung der Erfindung zur Beurteilung der Leichtgängigkeit eines magnetisch gekuppelten Wasserzähler-Zählwerks 10 dargestellt. Solche Zählwerke bilden einen Bestandteil von Wasserzählern und werden über eine Magnetkupplung vom sogenannten hydraulischen Teil des Wasserzählers angetrieben. Die Leichtgängigkeit des Zählwerks ist wesentlich für eine hohe Empfindlichkeit und einen grossen Messbereich des Wasserzählers. Ein permanentmagnetischer Körper 12 ist in diesem Anwendungsfall schon in dem zu untersuchenden mechanischen Element, der Antriebsachse 11, eingebaut und meist so magnetisiert, dass 4 Magnetpole N, S, N, S vorhanden sind und sich die Dipolmomente gegenseitig kompensieren. Das maximal übertragbare Drehmoment – der Bezugswert – ist in diesem Falle in erster Näherung proportional zum Feldstärkegradienten in Richtung der Drehachse. Der Feldstärkegradient ist proportional zur Feldstärke und bei der Spulenordnung nach Figur 3 nur wenig lageabhängig. Bei dieser Ausführungsform ist unter dem permanentmagnetischen Körper 3 im Antriebsteil 55 ein Hall-Sensor 9 als Magnetfeldsensor so angebracht, dass er vornehmlich auf die achsparallele Magnetfeldkomponente des permanentmagnetischen Körpers 3 reagiert. Das Signal des Hall-Sensors 9 wird durch eine elektronische Schaltung im Steuerteil bezüglich des Umdrehungszustandes des Prüflings (synchrones Mitdrehen: ja/nein), wie auch bezüglich der Stärke der Magnetisierung des im Zählwerk

eingebauten permanentmagnetischen Körpers 12 ausgewertet und für den Drehmomentvergleich mitberücksichtigt.

Der Steuerteil der Vorrichtung enthält auch eine elektronische Schaltung, welche die Amplitude und Frequenz der 5 die Magnetspulen des Antriebsteils erregenden Wechselströme nach Betätigung eines Schalters automatisch derart steuert, dass während einer ersten Phase die Amplitude des Stromes auf dem maximalen Wert ist und die Frequenz stetig von Null auf einen eingestellten Wert ansteigt. Während 10 einer nachfolgenden zweiten Phase bei konstanter Frequenz ist dagegen die Amplitude des Stromes kleiner, entsprechend einem eingestellten Wert. Das Ende der zweiten Phase, vgl. Figur 2, durch das Erreichen einer vorgewählten Anzahl Umdrehungen des Drehmagnetfeldes während der zweiten 15 Phase automatisch bestimmt und durch ein akustisches und/oder durch ein optisches Signal mitgeteilt.

Bei der Untersuchung eines Typs von Wasserzähler-Zählwerken zeigte es sich, dass die Dauer der zweiten Phase vorteilhafterweise so lange gewählt wird, bis mindestens 500 20 Umdrehungen vollführt wurden. Dadurch werden mehr Kombinationen der Zahnrad-Zahnflanken in die Prüfung einbezogen, als bei einer kürzeren Dauer der zweiten Phase. Die angewendete Drehfrequenz betrug 8 Hz.

Zur Messung des zum Drehen des mechanischen Elements 25 benötigten Drehmoments wird das erfindungsgemässe Verfahren derart mit verschiedenen Bezugswerten wiederholt angewendet, dass die Bezugswerte entsprechend einem aus der Messtechnik und der angewandten Mathematik bekannten Iterationsverfahren den gesuchten Messwert bis 30 zu gewünschten und technisch möglichen Genauigkeit eingabeln. Bei einer anderen Version der Anwendung des Verfahrens auf das Problem der Messung des Drehmoments wird der Bezugswert ausgehend vom maximalen Wert zeitproportional vermindert, bis das mechanische Element nicht 35 mehr synchron mitdreht. Die verflossene Zeit ist dabei direkt proportional zum gesuchten Drehmoment.

Eine weitere Ausführungsform enthält zusätzlich eine elektronische Rechner-Schaltung, welche die iterative Drehmomentmessung unter Zuhilfenahme der Signale eines Hall- 40 Sensors automatisch durchführt, und der Steuerteil ist mit dem Antriebsteil zu einer Einheit verbunden.

Die zur Ausführung der Erfindung benötigten Schaltungen verwirklicht der Fachmann beispielsweise mit modernen elektronischen Bauteilen wie VCO, Analogschalter, Dreieck-Sinus-Wandler oder Schaltungen, welche 45 sinusförmige Ströme durch Impulse annähern, Mikroprozessoren etc.

Das zur Durchführung des Verfahrens benötigte Drehmagnetfeld kann auch mit anderen Mitteln, wie z. B. mit drehenden Permanentmagneten, feststehenden zylindrischen Magnetspulen oder eisenlosen Helmholtzspulen, als Magnet- 50 spulen, erreicht werden. Weitere Anwendungen des Verfahrens ergeben sich insbesondere auch bei den Fällen, wo das mit einem Bezugswert zu vergleichende Drehmoment als abgeleitete Grösse zur indirekten Beurteilung einer weiteren physikalischen Grösse dient. Die Erfindung schliesst selbstverständlich auch die Anwendung einer zusätzlichen, gelagerten Hilfsachse nicht aus.

Der anspruchsmässige Umfang der Erfindung ist nicht auf die hier beschriebenen Beispiele von Ausführungsformen des Verfahrens, der Vorrichtungen oder der Anwendungen 60 begrenzt.

