



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Klassierung: 47 i, 1
[21 e, 24]

Gesuchsnummer: 9702/62

Anmeldungsdatum: 13. August 1962, 15 ½ Uhr

Priorität: USA, 14. August 1961
(131286)

Patent erteilt: 15. Oktober 1963

Patentschrift veröffentlicht: 30. November 1963

HAUPTPATENT

Landis & Gyr AG, Zug

Magnetisches Lager und Verfahren zu dessen Herstellung

James W. Milligan, West Lafayette (Ind., USA), ist als Erfinder genannt worden

Das Patent betrifft ein magnetisches Lager für einen um eine vorgegebene Achse drehbaren Rotor, mit zwei ringförmigen, hochkoerzitiven permanenten Magneten, von denen einer am Rotor und der andere stationär befestigt ist; sowie ferner ein Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Lagers.

Verschiedene Geräte – insbesondere Elektrizitätszähler, Gyroskope und andere mehr – enthalten Wellen, die bei sehr kleiner Reibung drehbar sein müssen und oft jahrelang unverändert bleiben sollen. Für derartige Wellen wurden zur Verminderung der auftretenden Reibungskräfte – insbesondere bei vertikaler Anordnung – unter anderem auch magnetische Lagerung vorgeschlagen, so daß das Gewicht des Rotors nicht an einem Drucklager angreift, wobei auch die Erhöhung des Reibungswiderstandes durch Abnutzung oder Verschmutzung vermieden wird. Bei diesen magnetischen Lagern ergeben sich jedoch trotz ihrer theoretischen Vollkommenheit und grundsätzlichen Vorteile auch gewisse Schwierigkeiten; eine davon besteht in der zu geringen seitlichen Stabilität: bei etwas exzentrischem Lauf des Rotors ergibt sich nämlich eine seitliche magnetische Kraft, so daß ein zusätzliches Zentrierlager erforderlich wird, das wiederum auf die Welle Reibungskräfte ausübt und auch Abnutzungserscheinungen aufweist. Die bisher bekannten magnetischen Lager sind außerdem zu empfindlich und stör anfällig: so beeinflusst eine geringe Lageänderung der Welle bereits die Kraftausübung auf die Meßscheibe und somit die Genauigkeit des Meßvorganges nachteilig; bei «weicher» Lagerung erzeugt eine geringfügige Änderung der magnetischen Kraft bereits eine verhältnismäßig große Lageänderung. In der Praxis haben sich noch weitere Mängel ergeben, wie z. B. die Empfindlichkeit gegenüber Temperaturänderungen und äußeren Magnetfeldern. Schließlich können irgendwelche Unregel-

mäßigkeiten der beiden zentralsymmetrischen Magnetfelder unerwünschte Verriegelungskräfte hervorrufen, so daß die Welle eine singuläre Winkelstellung einnimmt und dem Beginn einer Drehung entgegenwirkt.

Bei einem magnetischen Lager für einen um eine Achse drehbaren Rotor, mit zwei ringförmigen, hochkoerzitiven permanenten Magneten, von denen einer am Rotor und der andere stationär befestigt ist, werden die geschilderten Nachteile bekannter Magnetlager erfindungsgemäß dadurch vermieden, daß jeder permanente Magnet an einer Außenfläche zwei konzentrisch nebeneinander angeordnete Polflächen besitzt, welche konformen, gleichpolarisierten Polflächen des anderen Magneten unter gegenseitiger Abstoßung gegenüberliegen, wobei an jedem Magneten beide konzentrisch nebeneinanderliegenden Polflächen durch eine ringförmige Rille von höchstens 3 mm Breite getrennt sind und die Polflächen je eines Polpaares einen Größenunterschied von höchstens 40% aufweisen.

Diese permanenten Magnete besitzen beispielsweise eine Koerzitivkraft von mindestens 650 Oersted.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform des magnetischen Lagers stehen beide permanenten Magnete einander axial gegenüber und haben vorzugsweise einen Außendurchmesser von höchstens etwa 19 mm.

Die permanenten Lagermagnete sind zweckmäßig aus ALNICO VII-Pulver mit einem härtbaren, hochtemperaturbeständigen Kunststoff als Bindemittel gepreßt und weisen folgende Abmessungen auf: Außendurchmesser 14,2; Breite der äußeren ringförmigen Polfläche 1,27; Breite der Rille 1,02; Breite der inneren Polfläche 2,8 mm. Diese Magnete sind vorzugsweise durch teilweise Entmagnetisierung zu einem Zustand stabilisiert, in dem ihre engstmögliche Annäherung keine weitere permanente Entmagnetisierung mehr hervorruft, und der Rotor ist mit einem Ab-

stand zwischen den Magneten gelagert, der mindestens annähernd gleich der Dicke der Rille ist – vorzugsweise etwa 1,3 bis 1,8 mm – wobei sich bei Temperaturänderungen von -40°C bis $+90^{\circ}\text{C}$ der Spalt nur um etwa 0,08 mm ändert.

Bei einer anderen Ausführungsform eines magnetischen Lagers sind beide permanente Magnete zylindrisch ausgebildet und konzentrisch ineinander angeordnet und die gegeneinandergerichteten Mantelflächen je durch eine ringförmige Rille in zwei axial nebeneinander liegende Polflächen geteilt, wobei durch die gegenseitige Abstoßung der einander gegenüberstehenden gleichpolarisierten Polflächen die Rotorwelle zentriert wird.

Schließlich kann ein magnetisches Lager derart aufgebaut sein, daß es zusätzlich zu den einander axial gegenüberstehenden permanenten Magneten auch ein Paar zylindrisch ausgebildeter, einander radial gegenüberstehender Magnete enthält.

In dem erfindungsgemäßen magnetischen Lager wird die Welle stabil gelagert, wobei bei etwaiger geringer Dezentrierung durch andere Kräfte die sich durch die magnetischen Felder der magnetischen Lagerung ergebende dezentrierende Seitenkraft verhältnismäßig niedrig ist und somit auch die erforderliche Haltekraft der Zentrierlager und dadurch wiederum Abnutzung und Reibungswiderstand der Wellenlager erheblich vermindert wird. Bei diesen magnetischen Lagern wird ferner seitlichen Verschiebungen der Welle durch Abstoßung entgegengewirkt, die durch andere äußere Umstände verursacht sein können; im übrigen reagieren die erfindungsgemäß ausgebildeten magnetischen Lager infolge der hohen Stabilität des magnetischen Materials auf äußere Einflüsse extrem gering.

Das Patent erstreckt sich weiter auf ein Verfahren zur Herstellung des magnetischen Lagers. Dieses Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß zuerst die Polflächen beider Magnete in vollflächig deckender Berührung gehalten werden und dabei ein Elektromagnet mit dem Magnetisierungsstrom erregt wird und daß danach die Welle des permanenten Magneten in bezug auf die Polflächen des Elektromagneten genau zentriert und in dieser Stellung der Elektromagnet mit einem kleineren Entmagnetisierungsstrom entgegengesetzten Vorzeichens erregt wird, wobei irgendwelche Abweichungen der Polflächen des permanenten Magneten von ihrer exakten rotationssymmetrischen Soll-Lage nunmehr als entsprechende Abstände gegenüber dem Elektromagneten auftreten und folglich durch unterschiedliche Entmagnetisierung kompensiert werden.

Bei einem beispielsweise Verfahren zum Magnetisieren von permanenten Magneten mit zwei konzentrischen, durch eine ringförmige Rille getrennten Polflächen hat der verwendete Elektromagnet zwei diejenigen des permanenten Magneten angepaßte Polflächen, zwischen welchen die im wesentlichen ringförmige Erregerspule angeordnet ist, die sich im wesentlichen in der Ebene oder einem Vorsprung

der Oberfläche des permanenten Magneten erstreckt und vorzugsweise von dessen Polfläche oder einem Ansatz derselben höchstens etwa 0,13 mm entfernt ist und sich insgesamt etwa 3,8 mm von derselben weg erstreckt.

In der Zeichnung sind zwei beispielsweise Ausführungsformen des erfindungsgemäßen magnetischen Lagers sowie weiters Vorrichtungen zum Magnetisieren der zugehörigen permanenten Magnete dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 einen Teil eines Elektrizitätszählers mit einem magnetischen Lager im Mittelschnitt,

Fig. 2 den zugehörigen Magneten in Draufsicht,

Fig. 3 und 4 zwei andere Ausführungsformen eines Lagers bzw. eines zusammengebauten magnetischen Lagers im Mittelschnitt,

Fig. 5 eine Hakevorrichtung zum Magnetisieren des auf einer Welle angeordneten permanenten Magneten für ein Lager gemäß Fig. 1 – im Mittelschnitt,

Fig. 7 einen Querschnitt nach der Linie VII–VII in der Fig. 5,

Fig. 6 einen Teil einer Einrichtung zum Magnetisieren von permanenten Magneten gemäß Fig. 1 und 3 und

Fig. 8 und 9 jeweils eine Einrichtung zum Magnetisieren eines permanenten Lagermagneten bzw. eines Ringmagneten gemäß Fig. 4 – im Mittelschnitt.

In den Fig. 1 und 2 ist ein Teil eines Elektrizitätszählers dargestellt, der einen Rahmen 10 und eine vertikale rotierende Welle 11 aufweist, die eine Scheibe 11' trägt. Die zugeordneten Elemente der Meßeinrichtung, wie der Antrieb und die Verzögerungsmagnete sind an sich bekannt und deshalb nicht dargestellt. Das obere Ende der Welle 11 wird von einem Stift 16 geführt, der in einem Graphitlager 24 läuft. Das Gewicht der Welle wird durch eine magnetische Abstoßung zwischen den Magneten 30 und 35 aufgenommen. Der Rotormagnet 30 ist an der Welle 11 und der Statormagnet 35 an dem Halter 13 befestigt.

Die Magnete 30 und 35 sind im wesentlichen gleich ausgebildet. Alle permanentmagnetischen Poloberflächen weisen in eine axiale Richtung, sind nahe zueinander angeordnet und besitzen dieselbe Flächengröße. Gleiche Pole liegen einander direkt gegenüber. Deshalb besitzen die äußeren Poloberflächen 38 und 41, die dasselbe Vorzeichen haben, dieselbe Flächengröße wie die inneren Poloberflächen 39 und 42, während die Rillen oder Abstände 40 und 43, die jeweils zwischen den beiden Poloberflächen eines Magneten verlaufen, ziemlich schmal sind, jedenfalls in dem dargestellten Ausführungsbeispiel schmaler sind als jede der Poloberflächen. Diese Anordnung ergibt mit einer geeigneten Magnetisierung, um das Drehelement mit dem zwischen den Magneten 30 und 35 dargestellten Spalt (von etwa 1,3 mm Breite) zu lagern, eine sehr stabile Lagerung, bei der die seitlichen magnetischen Kräfte, die von geringfügigen

Verschiebungen erzeugt werden, sehr klein sind. Während des normalen Betriebes begrenzen der Stift 19 und der Graphitring 25, dessen Lauffläche der Lauffläche des Stiftes 19 angepaßt ist, die seitliche Bewegung des Magneten 30 auf so geringfügige seitliche Verschiebungen, daß die seitlichen magnetischen Kräfte äußerst niedrig sind.

Der Rahmen 10, von dem nur hervorragende Vorsprünge dargestellt sind, trägt einen oberen Befestigungsteil 12 und einen unteren Befestigungsteil 13. Jeder dieser Teile besitzt einen kreisförmigen Querschnitt. Sie sind in geeignete Öffnungen in Ansätze des Rahmens 10 eingesetzt und werden durch Kopfschrauben 14 gehalten. Der Teil 12 besitzt eine axial verlaufende zylindrische Bohrung 15, durch die sich ein kleiner Zentrierstift 16 entlang der Achse der Bohrung erstreckt. Der Stift 16 wird von einem Gußstopfen 17 gehalten. In ähnlicher Weise weist der Teil 13 eine Bohrung 18 auf, durch die ein Zentrierstift 19 entlang deren Achse verläuft. Dieser Stift wird durch einen Stopfen 20 gehalten. Die Stifte 16 und 19 sind genau zentriert, indem sie bei dem Eingießen der Stopfen 17 und 20 zentriert gehalten werden.

An jedem Ende der Welle 11 sind Hohlräume 22 bzw. 23 vorgesehen. Die Hohlräume 22 und 23 sind zylindrisch ausgebildet. Ihre Achsen fallen mit der Achse der Welle 11 zusammen. Am einen Ende der Welle 11 ist am Mundstück des Hohlraums 22 ein Graphitlager 24 befestigt, dessen Öffnung mit der Achse der Welle 11 ausgerichtet ist. In dieser Öffnung ist der Stift 16 drehbar gelagert. Ein entsprechendes Lager 25 ist am anderen Ende der Welle 11 an dem Mundstück des Hohlraums 23 befestigt.

Nahe dem unteren Ende der Welle 11 ist ein gerändelter Abschnitt 27 vorgesehen, um eine zuverlässige Lageeinstellung des Magneten 30 zu gewährleisten. Während der Rotormagnet genau zentriert auf der Welle 11 gehalten wird, wird das Verbindungsmetall 29 an Ort und Stelle eingegossen. Wahlweise kann der Magnet 30 an einem Bund 29 angekittet werden (wie in Fig. 3), der durch eingepaßte Teile zentriert wird, bündig auf die Welle paßt und daran durch Setzschrauben befestigt wird.

Der untere Magnet 35 ist an dem Teil 13 durch eingegossenes Metall 36 befestigt, das zur gleichen Zeit wie der Stopfen 20 eingegossen werden kann.

Die Magnete 30 und 35 sind gleich ausgebildet. Der Magnet 35 weist eine äußere ringförmige Poloberfläche 38 und eine innere ringförmige Poloberfläche 39 auf. Wie dargestellt ist, sind die beiden Poloberflächen durch eine Rille 40 getrennt. Entsprechend besitzt der Magnet 30 eine äußere ringförmige Poloberfläche 41 und eine innere ringförmige Poloberfläche 42, die durch eine Rille 43 getrennt sind. Die Rillen 40 und 43 sind vorteilhaft, jedoch nicht stets notwendig. Aus den Fig. 1 und 2 ist ersichtlich, daß die Poloberflächen 39 und 42 breiter als die Poloberflächen 38 und 41 sind. Dies wird deshalb so gemacht, damit der Oberflächenbereich der Pol-

oberflächen 39 und 42 angenähert gleich dem Oberflächenbereich der Poloberflächen 38 bzw. 41 ist.

Obwohl die besten Ergebnisse mit angenähert gleichen Flächenbereichen erzielt werden, ist eine exakte Übereinstimmung nicht erforderlich. Es wird jedoch die Auffassung vertreten, daß jede Abweichung von der Flächengleichheit nachteilig ist und Verluste zur Folge haben kann. Wenn der Flächenunterschied zwischen den äußeren Poloberflächen und den betreffenden inneren Poloberflächen größer als etwa 40% ist, wirken die zusätzlichen Metallteile des größeren Pols in der Hauptsache in der unterlegenen Weise einpoliger Magnete.

Die Magnete 30 und 35 sind so magnetisiert, daß die äußeren Poloberflächen 41 und 38 dieselbe und die inneren Poloberflächen 32 und 39 die entgegengesetzte Polarität besitzen. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind die ersteren als Nordpole und die letzteren als Südpole bezeichnet. Jedoch kann die Polarität umgekehrt werden, ohne daß dies von Bedeutung wäre und deshalb dem Hersteller freigestellt ist. Die Bezeichnungen «N» und «S» in der Zeichnung dienen lediglich dazu, die relative Polarität der beiden Poloberflächen zu kennzeichnen. Die Magnete 30 und 35 sollen dieselbe relative Stärke in allen Drehwinkeln um die Achse der Welle 11 besitzen. Deshalb ist das magnetische Feld um jeden der Magnete etwa gleich dem eines Halbtoroids, wobei die Ebene der Poloberflächen 41 und 42 z. B. angenähert das Toroid schneidet und senkrecht zu der Achse verläuft, um die das Toroid gebildet wurde. Die Stifte 16 und 19 besaßen bei einem praktischen Ausführungsbeispiel einen Durchmesser von 0,48 mm. Wegen ihrer kleinen Größe, ihrer äußerst geringen und im allgemeinen vernachlässigbaren Lagerbelastung und wegen ihrer drehbaren Lagerung in den Graphitlagern 24 und 25 ist der Reibungswiderstand auf Grund der Rotation der Welle 11 äußerst gering. Während eines normalen Betriebes verhindern diese Stifte irgendeine Seitenkraft, so daß eine seitliche Verschiebung äußerst klein ist. Jedoch wird die Vorrichtung auf andere Weise gegen Erschütterungen, wie beispielsweise beim Versand geeignet geschützt. Mit den Enden der Welle 11, die in den Hohlräumen 15 und 18 verlaufen, ist also die Welle gegen eine überschüssige seitliche Bewegung gesichert.

Es besteht ebenfalls ein Schutz gegen eine überschüssige axiale Verschiebung, die sonst bei einem Versand auftreten könnte. Deshalb besitzen die Stifte 16 und 19 ein hinreichend kleines Spiel von z. B. 0,25 bis 0,38 mm zu den Enden der Hohlräume 22 und 23. Der letztere kann durch ein eingesetztes Endlager gebildet sein, um Befürchtungen solcher Verbraucher zu beseitigen, die derartige, bisher notwendige Endlager kennen und zunächst kein Vertrauen in das ungewöhnliche Ausmaß der Unempfindlichkeit gegenüber Temperaturänderungen der Einrichtung gemäß der Erfindung setzen.

Die Haltevorrichtung zum Magnetisieren des Magneten 30 ist in Fig. 5 dargestellt. Sie weist einen

Rahmen 48 mit einem oberen Arm 49 und einem Basisarm 50 auf. Auf dem Basisarm 50 ist ein Elektromagnet 51 angebracht. Dieser weist einen Kern 52 aus weichem magnetischem Material auf, dessen oberer Teil ringförmig ausgebildet ist und eine ringförmige Poloberfläche 53 bildet. Ein Gehäuse 54 aus weichem magnetischem Material umgibt den Kern 52 und begrenzt eine ringförmige Poloberfläche 55. Die Poloberflächen 53 und 55 liegen in einer gemeinsamen Ebene und sind durch einen Spalt 56 voneinander getrennt. Die Ausbildung der Poloberflächen 55 und 53 entspricht der Ausbildung der Poloberflächen 41 bzw. 42. Zwischen dem Kern 52 und dem Gehäuse 54 sind in der dargestellten Weise in dem Spalt 56 Wicklungen einer Spule 57 vorgesehen, die über zwei Anschlußdrähte 58 erregt wird. Der vorspringende Teil der Welle 11, der unmittelbar unter der Poloberfläche 42 liegt, paßt bündig in die Bohrung 59 des Kernes 52, um die Magnetoberflächen 41 und 42 mit den entsprechenden Oberflächen 53 und 55 der Magnetisierereinrichtung zu zentrieren.

In diesem Zusammenhang ist zu bemerken, daß die Verwendung von Rinnen 40, 43 sehr zweckmäßig ist, weil dadurch vermieden wird, daß eine besonders präzise Zentrierung der Magnetpoloberfläche auf den Poloberflächen der Magnetisierereinrichtung erfolgen muß. Bei Verwendung von Rinnen 40 und 43 wurde es als zulässig festgestellt, daß die Bohrung 59 einen Durchmesser haben kann, der 0,05 mm größer als der Durchmesser des eingepaßten Teiles der Welle 11 ist. Die Grenze wurde nicht bestimmt.

Es ist ferner von Bedeutung, daß sich die Wicklungen der Spule 57 ziemlich nahe der Ebene der Poloberflächen 53 und 55 der Magnetisierereinrichtung erstrecken. In ähnlicher Weise soll die Spule sehr nahe zu diesem Bereich konzentriert sein, so daß ein großer Anteil der gesamten Amperewindungen in diesem Bereich liegt. Es wurde als möglich festgestellt, die Permanentmagnete durch Verwendung von 11 000 bis 12 000 Amperewindungen in einer Spule zu sättigen, die sich 0,13 bis 3,8 mm von der Ebene der Oberflächen erstreckt. Die Windungen der Spule sollen eng aneinander liegen, wobei die Verbindung durch hochtemperaturbeständigen Schellack erzielt werden kann, der ebenso zur Isolation der Drähte verwendet werden kann.

Unter Berücksichtigung dieser Faktoren wurde festgestellt, daß Magnete mit besonders hoher magnetischer Gleichmäßigkeit um die Achse und nahezu maximaler Polstärke hergestellt werden können, die bei einem gegebenen Magnet möglich ist.

Wie bei Magneten allgemein bekannt ist, sollen diese nach der Magnetisierung einer teilweisen Entmagnetisierung zum Zwecke der Stabilisierung ausgesetzt werden. Dies kann im Falle der dargestellten Magnete in üblicher Weise durch Einsetzen in ein Wechselfeld mit konstanter Stärke und durch Entfernung aus diesem Feld erfolgen.

Vorzugsweise werden Drähte 58 mit einer Stromquelle verbunden, so daß z. B. ein Strom hoher Stromstärke und kurzer Dauer erzeugt wird. Derartige Einrichtungen sind bekannt, bei denen der Strom z. B. durch eine Kondensatorentladung erzeugt wird. Der zu erregende Magnet, beispielsweise der Magnet 30, wird in dem Elektromagneten angeordnet. Ein starker Stromstoß wird durch die Spule 57 geschickt, um den Magneten bis zur Sättigung zu magnetisieren. Wenn dadurch die Stabilisierung in derselben Einrichtung erfolgen soll, wird ein viel schwächerer Entmagnetisierungsstrom, der das umgekehrte Vorzeichen besitzen kann, oder ein Wechselstrom ist, durch eine Spule 57 geführt, um den Magneten teilweise zu entmagnetisieren und zu stabilisieren. Der Restmagnetismus der beiden Magnete sollte so sein, daß das gewünschte Gewicht mit dem gewünschten axialen Abstand zwischen den betreffenden Oberflächen, z. B. den Oberflächen 38 und 41 der Magnete beim Betrieb getragen wird. Bei einem besonderen Ausführungsbeispiel sind die Feldstärken der Magnetfelder und des Entmagnetisierungsstromes, die erforderlich sind, um diesen Abstand möglichst gut anzunähern, empirisch leicht zu bestimmen. Eine spezielle Entmagnetisierung kann für einen gewünschten Betrag der Entmagnetisierung erzielt werden, wenn die Stärke aufeinanderfolgender getrennter Impulse erhöht wird, bis der gewünschte restliche Fluß genau erreicht ist.

Die durch die Poloberflächen 38 und 39 bzw. 41 und 42 definierten Ebenen sollen parallel zueinander und senkrecht zur Achse der Welle 11 verlaufen. Um ein möglichst nicht kostspieliges Herstellungsverfahren zu erzielen, können einige geringfügige Fehler zugelassen werden. Um ihren Einfluß auf einem Minimum zu halten, kann das folgende neue Verfahren zum Magnetisieren und Stabilisieren eines Magneten 30 verwendet werden.

In Fig. 5 befindet sich auf einem Arm 49 ein Stopfen 63, der einen Stift 64 trägt, der im Lager 24 (Fig. 1) der Welle 11 aufgenommen werden kann. Der Stopfen 63 ist im Arm 49 so angebracht, daß er in vertikaler Richtung relativ zu dem Arm beweglich ist. Der Stift 64 und die Bohrung 59 sind so angeordnet, daß ihre Achsen zusammenfallen und sehr genau senkrecht zu der Ebene verlaufen, die durch die Poloberflächen 53 und 55 definiert ist. Die Oberflächen 53 und 55 sind also genau als Rotationsflächen um die Achse des Stiftes 64 und der Bohrung 59 ausgebildet. Wenn der Magnet 30 und die Welle 11 zuerst in die Halteinrichtung eingesetzt werden, wird der Stopfen 63 hochgehoben, so daß der Stift 64 nicht in das Lager am oberen Ende der Welle 11 eintritt. Wenn die Achse der Welle 11 nicht senkrecht zu der Ebene der Poloberflächen 41 und 42 verläuft, wird die Welle 11 nach einer Seite gekippt, wie durch die gestrichelten Linien 11" angedeutet ist. Der Magnet 30 nimmt dann eine Lage ein, in der sich die Poloberflächen 41 und 42 in vollständigem Kontakt von Oberfläche zu Oberfläche mit den Pol-

oberflächen 55 und 53 befinden. Der anfängliche Magnetisierungsstrom wird nun durch die Spule 57 geschickt. Nach der anfänglichen Magnetisierung des Magneten wird die Welle 11 in eine Lage bewegt, in der der Stift 64 in das Lager am oberen Ende der Welle eintritt. Bei der Produktion wird im allgemeinen eine schnellere und automatische Einrichtung verwendet, um die Welle an ihrer oberen Achse zu zentrieren. In jedem Fall wird die Welle 11 nun in der Lage gehalten, die in ausgezogenen Linien in der Fig. 5 dargestellt ist. Während die Bewegung der Welle 11 zum erneuten Erreichen dieser Lage sehr klein sein kann, wenn sie überhaupt ausreicht, um von Bedeutung zu sein, führt sie zu einem gewissen Verlust des Kontaktes von Oberfläche zu Oberfläche zwischen den Poloberflächen des magnetisierenden Magneten 51 und den Poloberflächen des Magneten 30. Wenn die Welle in der Lage entsprechend den ausgezogenen Linien gehalten wird, wird der Entmagnetisierungsstrom durch die Spule 57 geführt. Die Flächenbereiche des Magneten 30, die sich vollständig in Berührung mit den Polen des Elektromagneten 51 befinden, werden um den größten Betrag entmagnetisiert. In dem Ausmaß, in dem sich ein Luftspalt zwischen anderen Teilen der Pole 41 und 42 im Hinblick auf die Pole 55 bzw. 53 befindet, tritt ein geringerer Betrag der Entmagnetisierung auf. Je größer der Spalt ist, desto kleiner ist der Betrag der Entmagnetisierung dieses Teiles des Magneten 30. Wenn also die Welle mit ihrem Magneten in der in Fig. 1 dargestellten Weise und so eingebaut wird, daß sich ein Verkanten des Magneten 30 auf der Welle 11 mit einer Seite des Magneten 30 ergibt, die näher an dem Magneten 35 als die gegenüberliegende Seite des Magneten 30 liegt, dann hat eine Seite des Magneten 30 (die näherliegende Seite) einen kleineren Restmagnetismus. Der größere Restmagnetismus im Bereich des größten Abstandes bewirkt eine Kompensation dieses größeren Abstandes, so daß sich annähernd eine Gleichheit des magnetischen Feldes entlang einer senkrechten Ebene ergibt.

Obwohl diese kompensierende Entmagnetisierung erforderlichenfalls angewandt werden kann, zeigen jedoch die vorhandenen Erfahrungen, daß eine ausreichend genaue Anordnung der Magnete 30 und 35 bei der Herstellung erzielt werden kann, so daß diese im allgemeinen nicht erforderlich ist.

In Fig. 5 wurde der Magnet 30 durch Einpassen seiner Welle 11 in die Bohrung 59 zentriert.

Fig. 6 zeigt eine Einrichtung, die zum Magnetisieren von Magneten geeignet ist, die nicht an einer Welle angebracht sind. Die Ausführungsform des elektromagnetischen Teiles ist ähnlich derjenigen in Fig. 5 mit der Ausnahme, daß an Stelle einer Bohrung 59, in die sich eine Welle erstreckt, ein Zentrierdübel 65 vorgesehen ist, der bündig in die Bohrung oder die zentrale Öffnung des zu magnetisierenden Magneten paßt.

Vorzugsweise sind die Magnetkerne 52 mit Schlitzen 66 entlang ihrer zylindrischen Oberflächen ver-

sehen. Diese Schlitze erstrecken sich in axialer Richtung, wie am besten aus den Fig. 5 und 6 zu erkennen ist. Die Zuleitungsdrähte der Spule können sich durch einen derartigen Schlitz erstrecken. Wie aus Fig. 7 ersichtlich ist, können mehrere derartige Schlitze vorgesehen sein, die in einem Abstand um den Kern 52 angeordnet sind. Vorzugsweise stehen diese Schlitze mit einem Schlauch 66' zur Zufuhr von Druckluft in Verbindung. Durch diese Luft werden die Pole der Magnetisierungseinrichtung durch einen Luftstrom entlang der Außenseite der Spule 57 sauber gehalten, die eng auf dem Kern 52 angebracht ist, jedoch ein leichtes Spiel gegenüber der Hülse 54 aufweist.

Fig. 4 zeigt den unteren Teil einer Welle 67, die im allgemeinen der Welle 11 entspricht. Das obere Ende der Welle 67 (nicht dargestellt) kann in einem Lager angeordnet sein, das dem oberen Lager der Welle 11 entspricht. Von der Unterseite der Welle 67 ragt ein Stift 68 hervor, der ziemlich steif sein kann. Er ist kürzer und kann einen größeren Durchmesser als die Stifte 16 und 19 aufweisen. Der Stift 68 erstreckt sich in einen Hohlraum 69 in einem Stützblock 70. Der Stützblock 70 kann auf einem geeigneten Rahmen, wie beispielsweise dem Rahmen 10 in Fig. 1 angeordnet werden.

Über dem Hohlraum 69 befindet sich ein vergrößerter Hohlraum 71, auf dessen Unterseite ein Graphitlager 72 eingesetzt ist. Das Lager 72 weist eine axiale Öffnung 73 auf, die den Stift 68 ziemlich lose aufnimmt. Das untere Ende der Welle 67 wird von einem Stützmagneten 74 umgeben, der identisch mit dem Magneten 35 in Fig. 1 sein kann. Der Magnet 74 weist eine äußere ringförmige Poloberfläche 75 und eine innere ringförmige Poloberfläche 76 auf, die den Poloberflächen 38 bzw. 39 entsprechen. Die Pole 75 und 76 können durch eine Rille 77 getrennt sein.

Der Rotormagnet 82 ist um einen gerändelten Abschnitt 80 der Welle 67 herum durch Metall 81 befestigt, das an Ort und Stelle eingegossen wurde. Der Magnetkörper 82 ist zylindrisch ausgebildet. Seine untere Ebene ist mit einem äußeren ringförmigen Pol 83 und einem inneren ringförmigen Pol 84 versehen, die durch eine Rille 85 getrennt sein können. Die Gestalt und Größe der Pole 83 und 84 entspricht denjenigen der Pole 75 und 76.

Um den Umfang des Magnetkörpers 82 sind angrenzend an dessen oberes Ende zwei entlang dem Umfang angeordnete Pole 87 und 88 vorgesehen, die durch eine Rille 89 getrennt sein können. Ein ringförmiger Magnet 90 weist zwei innere Pole 91 und 92 entlang des Umfanges auf, die durch eine Rille 93 getrennt sind.

Die Pole 87 und 91 besitzen dieselbe Polarität, während die Pole 88 und 92 die entgegengesetzte Polarität besitzen. Deshalb ist das magnetische Feld zwischen dem oberen Magneten des Körpers 82 und dem Ringmagneten so ausgebildet, daß diese Magnete einander abstoßen und dazu dienen, die Welle 67 zu

zentrieren, so daß diese mit der vertikalen Achse der Pole 91 und 92 zusammenfällt. Die Pole 83 und 75 besitzen ebenfalls dieselbe Polarität, während die Pole 76 und 84 die entgegengesetzte Polarität haben. Deshalb wird der untere magnetische Teil des Magnetkörpers 82 von der abstoßenden Magnetkraft zwischen diesem Magnetkörper und dem Magneten 74 getragen. Wenn die auf das rotierende Element, von dem die Spindel 67 ein Teil ist, ausgeübten Kräfte hinreichend klein oder gut ausbalanciert hinsichtlich seitlicher Kräfte auf die Spindel 67 sind, kann der Stift 68 normalerweise nicht das Lager 72 berühren, so daß der normale Reibungswiderstand gleich Null ist.

Ähnliche Ergebnisse sind von einem einzigen Paar verschachtelter Magnete mit konischen Stirnflächen zu erwarten. Auf diese Weise liegt jeder Magnet mit seinen beiden Stirnflächen in einer Rotationsfläche um die Achse, welche Rotationsfläche durch eine zur Achse schräg verlaufende Linie erzeugt würde. Die Rille zwischen den Polen des einen Magneten sollten von dem anderen entlang einem Kegel senkrecht zu den Kegeln der Stirnflächen versetzt sein. Die Innenfläche des äußeren Magneten kann sich bis zu demselben inneren Durchmesser wie die gegenüberliegende Innenfläche und die Außenfläche zu der horizontalen Ebene des Außendurchmessers des gegenüberliegenden äußeren Pols erstrecken.

Der Statormagnet 74 kann auf einem Elektromagneten magnetisiert sein, der beispielsweise in Fig. 5 dargestellt ist. Die Fig. 8 bzw. 9 zeigen die Befestigungseinrichtung zum Magnetisieren des Magnetkörpers 82 und des Ringmagneten 90. In Fig. 8 ist ein ringförmiger Kern 95 aus weichem magnetischem Material gezeigt, der einen Schlitz aufweist, um die elektrischen Wicklungen 96 aufzunehmen. Andererseits begrenzt der Schlitz, der die Wicklungen 96 aufnimmt, zwei am Umfang vorgesehene Pole 97 und 98. Zwei Ringe 99 und 100 sind an gegenüberliegenden Seiten des Kernes 95 vorgesehen. Die Ringe 99 und 100 bestehen aus einem elektrisch leitenden, nicht magnetischen Material wie beispielsweise Kupfer.

Die Unterseite des Magnetkörpers 82 wird durch einen Elektromagneten magnetisiert, der einen Kern 102 mit einem Schlitz in der Oberfläche aufweist, in dem die Wicklung 103 vorgesehen ist. Der die Wicklung 103 aufnehmende Schlitz begrenzt zusammen mit der axialen Öffnung 104 ringförmige Pole 104 und 105, die den Polen 83 bzw. 84 gegenüberliegen. Die Spulen 96 und 103 werden mit einer Einrichtung 107 zum Erzeugen von Stromimpulsen verbunden, die so ausgebildet ist wie diejenige, die zur Erregung der Spule 57 in dem Ausführungsbeispiel in Fig. 5 verwendet wird. Wie in dem Ausführungsbeispiel der Fig. 5 werden die Spulen 96 und 103 zuerst durch einen verhältnismäßig großen Stromimpuls des einen Vorzeichens erregt, um den Magnetkörper 82 bis zur Sättigung zu magnetisieren. Danach wird ein kleinerer Stromimpuls entgegengesetzter Polarität

durch die Spulen 96 und 103 geschickt, um den Magnetkörper teilweise zu entmagnetisieren. Die Spulen 96 und 103 sind als in Reihe geschaltet dargestellt, um damit zu zeigen, daß sie genau übereinstimmend erregt werden, so daß keine von beiden den Magneten nachteilig beeinflusst, den die andere magnetisiert.

Fig. 9 zeigt die Vorrichtung zum Magnetisieren des Magneten 90. Ein im wesentlichen zylindrischer Kern 109 weist einen Schlitz auf, in dem eine Wicklung 110 vorgesehen ist. Der Schlitz, in dem die Wicklung 110 angeordnet ist, begrenzt zwei periphere Pole 111 und 112, die im allgemeinen den Polen 91 und 92 des Magneten 90 entsprechen. Zwei zylindrische Kupferscheiben 103 und 104 sind an gegenüberliegenden Seiten des Kernes 109 angeordnet. Die Wicklung 110 ist mit der Impulsquelle 107 verbunden. Sie wird anfänglich durch einen verhältnismäßig starken Strom erregt, um den Magneten 90 zu sättigen. Danach kann sie durch einen etwas niedrigeren Strom des entgegengesetzten Vorzeichens erregt werden, um den Magneten 90 teilweise zu entmagnetisieren.

Um die Vorteile der Erfindung am besten auszunutzen, ist zu beachten, daß die Breite der Rillen 40 und 43 in radialer Richtung verhältnismäßig klein ist, wie bereits oben erwähnt wurde. Die genauen Abmessungen zur Erzielung optimaler Ergebnisse können verschieden sein. Es wird jedoch angenommen, daß für eine sichere Erreichung dieser vorteilhaften Ergebnisse die Breite der Spalte 40 und 43 nicht größer als 3 mm sein sollte. Ferner sollte die Größe den unten angegebenen Abmessungen entsprechend oder noch niedriger sein. Die Magnete 30 und 35, die bisher am gründlichsten geprüft wurden, besitzen einen Gesamtdurchmesser von 14,3 mm und einen Durchmesser der Bohrung von 3,96 mm. Die Breite der Rillen 40 und 43 beträgt in radialer Richtung 1,09 mm. Die Poloberfläche 39 besitzt eine radiale Abmessung von 2,72 mm und die Poloberfläche 38 von 1,37 mm. Die Dicke der Magnete entlang der Achse der Welle 11 gemessen kann 4,75 mm betragen. Die Magnete können aus einem bekannten Material zum Herstellen von Permanentmagneten mit hoher Koerzitivkraft bestehen, beispielsweise aus einer der Legierungen, die unter dem Handelsnamen ALNICO bekannt sind. Ein Material mit sehr hoher Koerzitivkraft (von mindestens 650 Oersted) sollte verwendet werden. Im Augenblick wird eine geformte Zusammensetzung von Pulver aus ALNICO VII vorgezogen, wofür als Binder ein stabiles, in der Wärme härtpbares Harz mit großer Temperaturbeständigkeit verwendet wird. Obwohl mit der magnetischen Lagerung gemäß Fig. 4 noch keine besonderen Erfahrungen vorliegen, legt die Geringfügigkeit der seitlichen magnetischen Kräfte, die bei der Lagerung entsprechend Fig. 1 auftreten, die Annahme nahe, daß mit der Einrichtung gemäß Fig. 4 eine vollständige magnetische Stabilität erzielt werden kann, obwohl dies bisher unmöglich schien.

Zumindest ergibt sich eine minimale magnetische Seitenkraft als Folge einer geringfügigen Exzentrizität. Wenn dies dadurch allein erzielt würde, sollte dieselbe Art von Zentrierstiften wie in Fig. 1 verwendet werden. Die Rillen 89 und 93 sollten ferner nicht mehr als 3 mm in axialer Richtung breit sein und vorzugsweise so klein wie praktisch möglich, z. B. 1 mm.

Die Ausführungsform des Erfindungsgegenstandes gemäß Fig. 1 wurde als durchaus zufriedenstellend zum Lagern von rotierenden Elementen mit 16 Gramm Gewicht festgestellt, die beispielsweise für einphasige Meßeinrichtungen Verwendung finden. Mit Elementen mit 32 Gramm (zwei Scheiben) wird eine größere magnetische Seitenkraft durch geringfügige exzentrische Verschiebungen hervorgerufen, die jedoch immer noch innerhalb eines zulässigen Bereichs liegen, wobei die Lagerung für diesen schwereren Rotor ebenfalls zufriedenstellend ist.

Es ist wichtig, darauf zu achten, daß der Gesamtdurchmesser der Magnete klein gehalten werden soll. Dies ist teilweise deshalb wünschenswert, damit sich eine raumsparende und nicht kostspielige Einheit ergibt. Ferner wird dadurch der Arm des Drehmoments irgendeiner Kraft verkürzt, die sich aus einem Mangel der Perfektion hinsichtlich der Gleichförmigkeit ergeben könnte, so daß eine derartige mangelnde Gleichförmigkeit von geringerer Bedeutung ist, als wenn der Arm des Drehmoments länger wäre. Nach Möglichkeit soll der Außendurchmesser der Magnete kleiner als 19 mm gehalten werden. Wenn größere Hebekräfte erforderlich sind, wäre es besser, mehrere in axialer Richtung voneinander getrennt angeordnete Magnetpaare zu verwenden, als ein Magnetpaar mit größerem Durchmesser.

Der Außendurchmesser wird möglichst klein gehalten, indem beide Poloberflächen eines Magneten dieselbe Flächengröße aufweisen, und indem die trennende Rille in radialer Richtung klein gehalten wird. Beide Faktoren sind auch aus anderen Gründen wünschenswert. Unter einem Harz mit hoher Hitzebeständigkeit gegen Formänderungen ist ein solches zu verstehen, das mindestens bei 120° C keine bedeutende Formänderung beim Angreifen nicht zu großer Kräfte zeigt. Zum Beispiel sollten 2,3 kg, die auf eine Kugel mit einem Durchmesser von etwa 1,6 mm ausgeübt werden, keinen stärkeren Eindruck als 0,25 mm zurücklassen.

Es ist von Bedeutung, daß die stabilisierende Entmagnetisierung in einem solchen Ausmaß erfolgen soll, daß bei einer Bewegung der Magnete in die engste mögliche Nachbarschaft keine weitere Entmagnetisierung erfolgt. Augenblicklich werden Entmagnetisierungsfelder mit etwa 700 Oersted verwendet. Selbst ein direkter Kontakt der Pole der Magnete übt keinen weiteren Einfluß aus, obwohl ein derartiger Kontakt vermieden wird. Die Entmagnetisierung bestimmt ferner die Länge des axialen Abstandes zwischen den Magneten, wenn eine vorgegebene Last gelagert wird. Zur Zeit wird ein axialer Abstand von etwa 1,3 mm mit einem Gesamtgewicht des Rotors

von 35 Gramm (einschließlich des Rotormagneten) verwendet. Es ist beabsichtigt, für einen Rotor von 18 Gramm Gewicht bei Verwendung kleinerer Magnete einen Abstand von etwa 1,6 mm zu wählen.

Es ist zu beachten, daß diese axialen Abstände länger als die Breite der Rille sind, die die Polflächen trennt, und zwar um einen beträchtlichen Prozentsatz. Ein Spaltabstand, der etwas kürzer als die Breite der Rille ist, wurde ebenfalls verwendet, jedoch die relative Seitenkraft wuchs und viel weniger sollte offenbar verhindert werden. Dies besagt mit anderen Worten, daß der axiale Spalt mindestens so groß sein sollte, daß er angenähert gleich der Breite der Rille ist, oder dem Abstand der Poloberflächen, falls keine Rille vorhanden ist.

Obwohl bereits erwähnt wurde, daß der Abstand der verschiedenen magnetischen Pole nicht größer als 3 mm sein sollte, wird angenommen, daß er tatsächlich so klein wie möglich sein sollte. Es erscheint schwierig, ihn kleiner als etwa 1 mm zu machen, weil eine große Anzahl von Amperewindungen angrenzend an die Ebene der Poloberflächen des zu magnetisierenden Magneten benötigt werden. Deshalb wird augenblicklich eine Abmessung von etwa 1 mm vorgezogen.

Das ALNICO VII sollte unorientiert (isotrop) sein und besitzt eine prozentuale Zusammensetzung in Gewichtsprozenten von:

| | | |
|-----------|------------------|----|
| Kobalt | 24 | |
| Nickel | 18 | |
| Aluminium | 8 ^{1/2} | 90 |
| Titan | 5 | |
| Kupfer | 3 ^{1/4} | |
| Eisen | Rest | |

Es ist natürlich sehr wichtig, daß die Ebene der Pole 38 und 39 senkrecht zu der Achse des Halters 13 verläuft. Die in Fig. 1 dargestellten Merkmale erleichtern die Erzielung dieser Ergebnisse bei der Herstellung.

Eines der wichtigsten Merkmale ist die Verwendung einer deformierbaren ringförmigen Rippe 120 nahe dem Hohlraum 18 des Körpers 13. Beim Gießen wird die Form, die an den Polen 38 und 39 angreift, und die ebenso in die zentrale Bohrung des Magneten 35 paßt, um diesen zu zentrieren, mit großer Kraft, beispielsweise mit 45 kg auf den Teil der Form gepreßt, der den Körper 13 genau zentriert hält. Diese Kraft reicht aus, um die Rippe 120 zu deformieren. Der Körper 13 besteht aus Aluminium. Wenn also irgendeine geringfügige Unregelmäßigkeit vorhanden ist, die einen ungleichen Abstand zwischen dem Magneten 35 und dem Körper 13 erzeugt, wird die ringförmige Rippe 120 so deformiert, daß sie sich dieser Unregelmäßigkeit anpaßt. Während die Teile so in geeigneter Beziehung gehalten werden, wird das Gußmetall eingespritzt. Die Rippe 120 dient zum Abdichten des fließenden Metalls, so daß dieses nicht in den Vorraum 18 eindringt, der später von der Welle 11 eingenommen wird.

Um den Spritzgußteil 36 durch dieselbe Einspritzung wie den Stopfen 20 herzustellen, wird eine Bohrung 121 quer durch den Körper 13 vorgesehen. Deshalb kann das Metall von einer Stelle zu allen dargestellten Punkten fließen. Natürlich ist das Formstück, das den Magnet 35 hält, mit einem Ansatz versehen, der den inneren Umriß des Gußmetalls bildet, das den Bodenteil des Hohlraums 18 darstellt.

Das erfindungsgemäße Lager wurde bei einem Rotor von 32 Gramm Gewicht verwendet, der sich in axialer Richtung nur um etwa 0,08 mm oder weniger bei einer Temperaturänderung von -40°C bis $+90^{\circ}\text{C}$ bewegt. Dies liegt natürlich weit außerhalb des Bereiches, dem z. B. ein üblicher Elektrizitätszähler ausgesetzt wird. Im Vergleich zu einer der besten bisher bekannten magnetischen Lagerungen ist zu bemerken, daß bei derselben Temperaturänderung mindestens die dreifache vertikale Ausdehnung als in dem oben erwähnten Beispiel zu erwarten ist.

Ferner hat sich das magnetische Lager gemäß der Erfindung als weitgehend unabhängig von zeitweiligen oder ständigen magnetischen Änderungen auf Grund äußerer magnetischer Felder gezeigt, die darauf entweder als Ergebnis beabsichtigter Beeinflussungen, die zu falschen Meßergebnissen führen, oder als Ergebnis von Ladeströmen auf Grund von Blitzeinschlägen in die Übertragungsleitungen ausgeübt werden. Zum Beispiel wurde festgestellt, daß bei einem handelsüblichen Gerät mit magnetischer Lagerung unter Verwendung von abstoßenden Kräften ein üblicher Magnet, wenn dieser an einer geeigneten Stelle der Hülle der Meßeinrichtung gebracht wird, so die Magnete der magnetischen Aufhängung beeinflusst, daß der Rotor mindestens um 0,5 mm abfällt, oder daß die Polflächen aneinander angreifen, wodurch starke Reibungskräfte erzeugt werden. Bei einer Einrichtung gemäß der Erfindung hatte ein entsprechend angewandter Magnet nur einen Abfall des Rotors von 0,1 mm oder weniger zur Folge.

Auf den Schutz der Erfindung auf dem Gebiet der Zeitmessungstechnik wird verzichtet.

PATENTANSPRUCH I

Magnetisches Lager für einen um eine Achse drehbaren Rotor, mit zwei ringförmigen, hochkoerzitativen permanenten Magneten, von denen einer am Rotor und der andere stationär befestigt ist, dadurch gekennzeichnet, daß jeder permanente Magnet an einer Außenfläche zwei konzentrisch nebeneinander angeordnete Polflächen besitzt, welche konformen, gleichpolarisierten Polflächen des anderen Magneten unter gegenseitiger Abstoßung gegenüberliegen, wobei an jedem Magneten beide konzentrisch nebeneinanderliegenden Polflächen durch eine ringförmige Rille von höchstens 3 mm Breite getrennt sind, und die Polflächen je eines Polpaares einen Größenunterschied von höchstens 40% aufweisen.

UNTERANSPRUCHE

1. Magnetisches Lager nach Patentanspruch I, dadurch gekennzeichnet, daß die permanenten Magnete eine Koerzitivkraft von mindestens 650 Oersted besitzen.

2. Magnetisches Lager nach Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beide permanenten Magnete einander axial gegenüberstehen.

3. Magnetisches Lager nach Unteranspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete einen Außendurchmesser von höchstens 19 mm haben.

4. Magnetisches Lager nach Unteranspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete aus ALNICO VII-Pulver mit einem härtbaren, hochtemperaturbeständigen Kunststoff als Bindemittel gepreßt sind und folgende Abmessungen aufweisen: Außendurchmesser 14,2 mm; Breite der äußeren ringförmigen Polfläche 1,27 mm; Breite der Rille 1,02 mm; Breite der inneren Polfläche 2,8 mm.

5. Magnetisches Lager nach Unteranspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete durch teilweise Entmagnetisierung zu einem Zustand stabilisiert sind, in dem ihre engstmögliche Annäherung keine weitere permanente Entmagnetisierung mehr hervorruft und daß der Rotor mit einem Abstand zwischen den Magneten gelagert ist, der mindestens annähernd gleich der Dicke der Rille ist.

6. Magnetisches Lager nach Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beide permanenten Magnete zylindrisch ausgebildet und konzentrisch ineinander angeordnet sind und die gegeneinandergerichteten Mantelflächen je durch eine ringförmige Rille in zwei axial nebeneinanderliegende Polflächen geteilt sind, wobei durch die gegenseitige Abstoßung der einander gegenüberstehenden gleichpolarisierten Polflächen die Rotorwelle zentriert wird.

7. Magnetisches Lager nach Unteranspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß es zusätzlich zu den einander axial gegenüberstehenden permanenten Magneten auch ein Paar zylindrisch ausgebildeter, einander radial gegenüberstehender Magnete enthält.

PATENTANSPRUCH II

Verfahren zur Herstellung des magnetischen Lagers gemäß Patentanspruch I, dadurch gekennzeichnet, daß zwecks Magnetisierung der Magnete zuerst die Polflächen beider Magnete in vollflächig deckender Berührung gehalten werden und dabei ein Elektromagnet mit dem Magnetisierungsstrom erregt wird und daß danach die Welle des permanenten Magneten in bezug auf die Polflächen des Elektromagneten genau zentriert und in dieser Stellung der Elektromagnet mit einem kleineren Entmagnetisierungsstrom entgegengesetzten Vorzeichens erregt wird, wobei irgendwelche Abweichungen der Polflächen des permanenten Magneten von ihrer exakten rotations-symmetrischen Soll-Lage nunmehr als entsprechende Abstände gegenüber dem Elektromagneten auftreten

und folglich durch unterschiedliche Entmagnetisierung kompensiert werden.

UNTERANSPRÜCHE

8. Verfahren nach Patentanspruch II, dadurch
5 gekennzeichnet, daß der verwendete Elektromagnet
zwei denjenigen des permanenten Magneten an-
gepaßte Polflächen hat, zwischen welchen die ring-
förmige Erregerspule derart angeordnet wird, daß

sie sich mindestens annähernd in der Ebene oder
einem Vorsprung der Oberfläche des permanenten 10
Magneten erstreckt.

9. Verfahren nach Unteranspruch 8, dadurch
gekennzeichnet, daß die Erregerspule des Elektro-
magneten derart angeordnet wird, daß sie von der
Polfläche des permanenten Magneten oder einem 15
Ansatz derselben höchstens 0,13 mm entfernt ist und
sich annähernd 3,8 mm von derselben weg erstreckt.

Landis & Gyr AG

Fig. 1

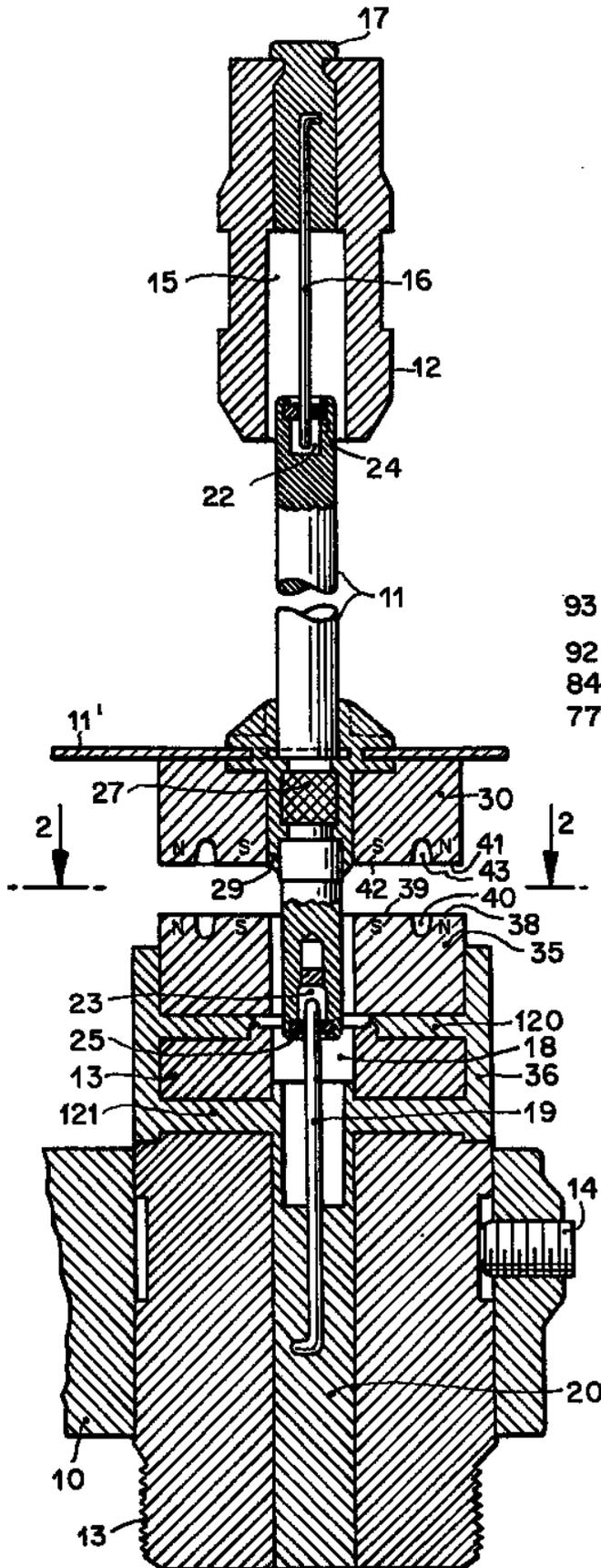


Fig. 3

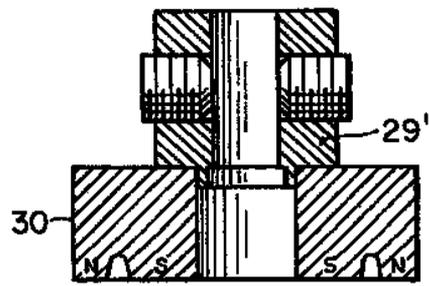


Fig. 4

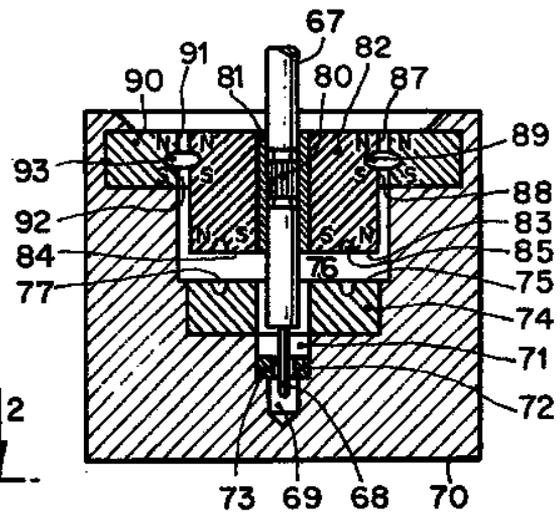
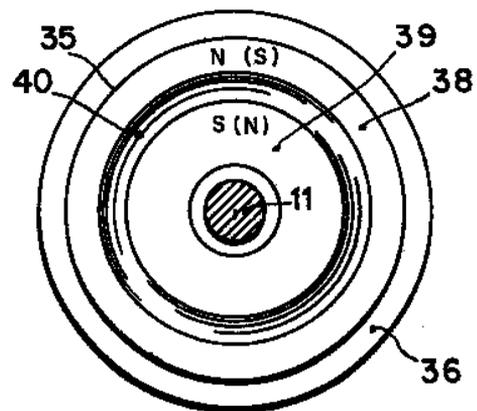


Fig. 2



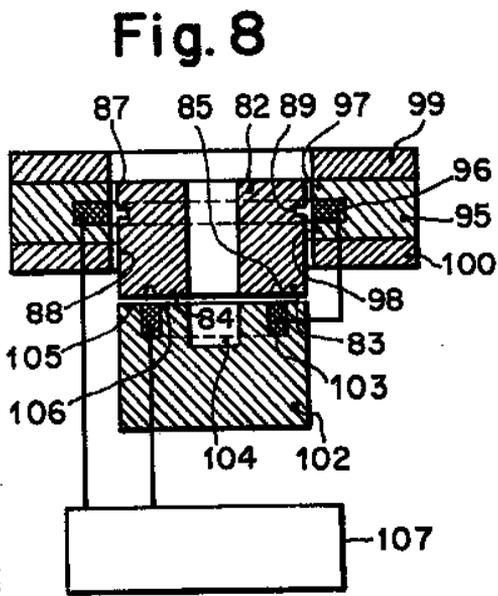
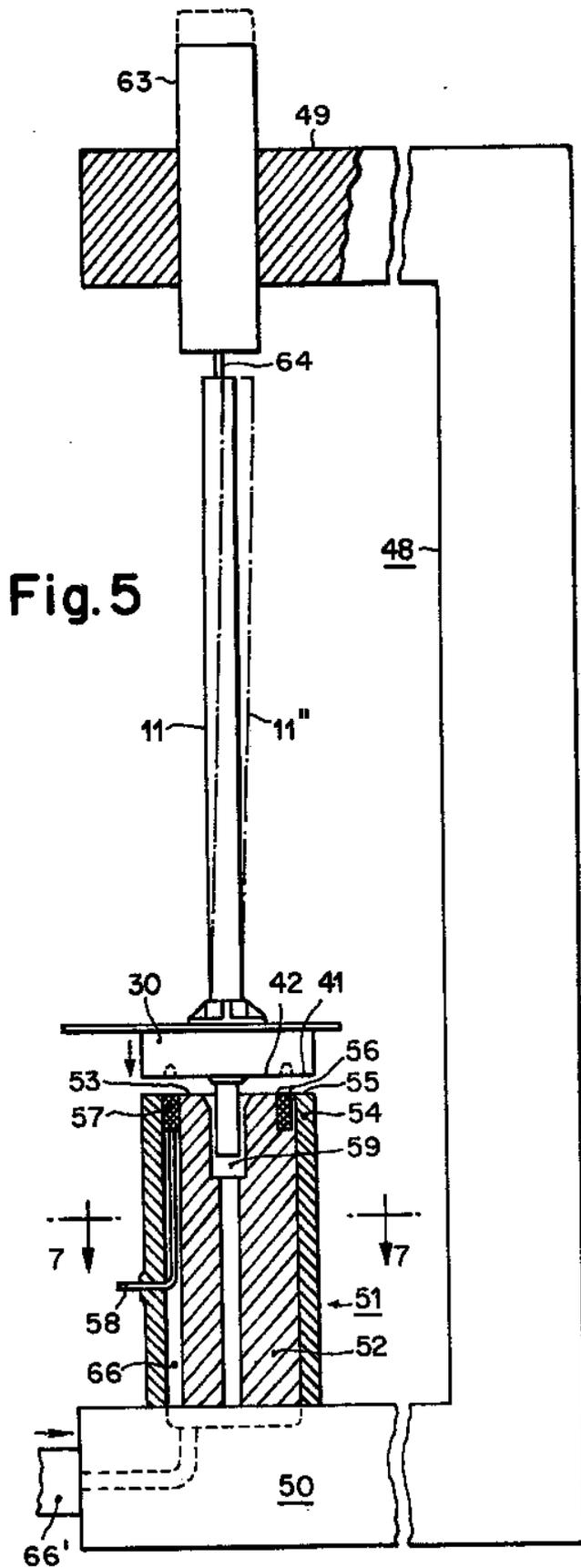


Fig. 6

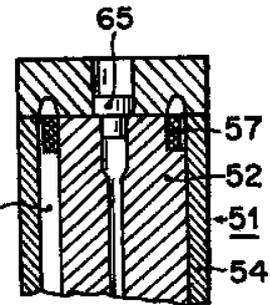


Fig. 7

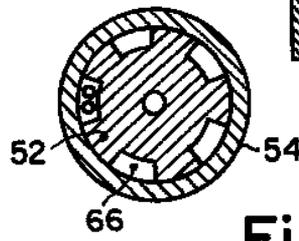


Fig. 9

