



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 255 784 A1

4(51) G 01 B 5/03

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 B / 295 881 4

(22) 04.11.86

(44) 13.04.88

(71) VEB Carl Zeiss JENA, Carl-Zeiss-Straße 1, Jena, 6900, DD

(72) Donat, Horst, Dr.-Ing.; Fonfara, Hans, Dipl.-Phys., DD

(54) Koordinatentastkopf mit Einrichtung zur Meßkraftstabilisierung für Koordinatenmeßgeräte

(55) Koordinatentastkopf, Koordinatenmeßgerät, Meßkraftstabilisation, elektromagnetisch, federgeführtes Tastsystem, dreidimensional, Federstabführung, Membranführung

(57) Die Erfindung betrifft einen Koordinatentastkopf mit Einrichtung zur Meßkraftstabilisierung für Koordinatenmeßgeräte, der einen in drei Koordinaten auslenkbaren Meßeinsatzträger 6 besitzt. In den Bewegungsrichtungen längs der Koordinaten  $x$ ;  $y$ ;  $z$  sind insgesamt sechs elektromagnetische Meßkraftkompensatoren 15 bis 20 in einem Tastkopfgehäuse 1 bzw. in einem Zwischenstück 2 fest angeordnet, wobei zwei Meßkraftkompensatoren 19; 20 ein mit dem Zwischenstück 2 fest verbundener Anker 21 und vier paarweise gegenüberliegenden Meßkraftkompensatoren 15; 16; 17; 18 ein an einem Federstabführungssystem angeordneter Anker 22 zugeordnet ist. Fig. 1

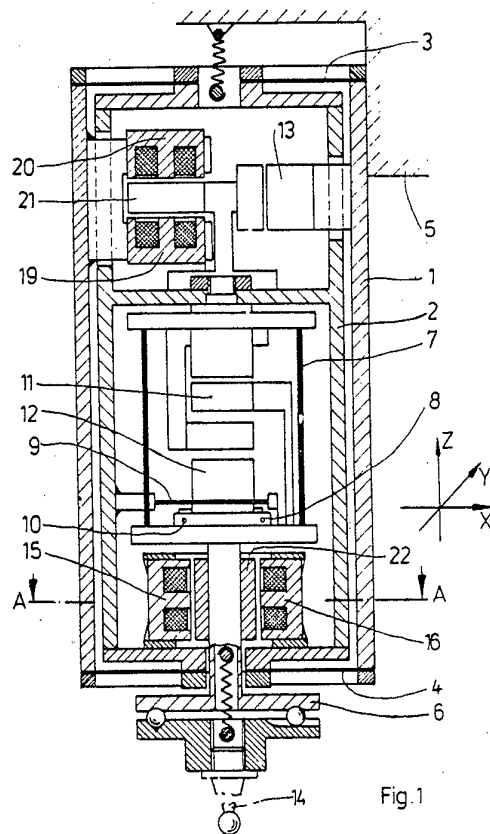


Fig. 1

## Patentansprüche:

1. Koordinatentastkopf mit Einrichtung zur Meßkraftstabilisierung für Koordinatenmeßgeräte, umfassend ein Tastkopfgehäuse, in welchem, längs einer senkrechten Koordinate aus einer stabilen Nullposition auslenkbar, ein Zwischenstück in Membranfedern gelagert ist, in dem ein, längs zwei weiteren orthogonalen Koordinaten aus einer stabilen Nullposition auslenkbarer Meßeinsatzträger mit Meßeinsätzen an einem Federstabführungssystem angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß in den insgesamt sechs Bewegungsrichtungen des Meßeinsatzträgers entlang den drei Koordinaten X; Y; Z in definiertem Abstand von den Nullpositionen der Membranfedern (3; 4) und des Federstabführungssystems (7, 9, 10) bis zu insgesamt sechs vorzugsweise elektromagnetische, mit einstellbarem Erregerstrom beaufschlagte Meßkraftkompensatoren (15; 16; 17; 18; 19; 20) im Tastkopfgehäuse (1) bzw. im Zwischenstück (2) fest angeordnet sind, wobei zwei Meßkraftkompensatoren (19; 20) ein mit dem Zwischenstück (2) fest verbundener Anker (21) und vier paarweise gegenüberliegenden Meßkraftkompensatoren (15; 16; 17; 18) ein am Federstabführungssystem angeordneter Anker (22) zugeordnet ist.
2. Koordinatentastkopf nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Meßkraftkompensatoren (15; 16; 17; 18; 19; 20) vorzugsweise als Topfmagnete ausgebildet sind, deren Magnetfluß über den jeweilig zugeordneten Anker (21; 22) geführt ist und deren Kraftwirkungen so gerichtet sind, daß sie den Rückstellkräften der Membranfedern (3; 4) und des Federstabführungssystems bei deren Auslenkung aus der Nullposition entgegenwirken.
3. Koordinatentastkopf nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Polflächen der Meßkraftkompensatoren (15; 16; 17; 18; 19; 20) bei Nullposition der jeweiligen Anker (21; 22) einen genau definierten Abstand  $a$  von diesen Ankern (21; 22) besitzen.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft einen Koordinatentastkopf mit Einrichtung zur Meßkraftstabilisierung für Koordinatenmeßgeräte, insbesondere einen Tastkopf mit federgeführten und die Federrückstellkraft als Meßkraft nutzenden Tastsystemen für die Antastung von Meßobjekten in einer oder mehreren Koordinaten.

## Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Aus der DD-PS 141197 ist ein Koordinatentastkopf, der nach dem Nachlaufprinzip arbeitet, bekannt, bei dem die räumliche Beweglichkeit eines mehrere Meßeinsätze aufnehmenden Meßeinsatzträgers in einer x-y-Ebene durch ein Federstabführungssystem bzw. in einer z-Richtung durch eine Membranfederführung realisiert ist. Die Meßkräfte werden durch die Rückstellkräfte der Federstabführung und durch die Membranfederführung erzeugt. Die Federsteife dieser elastischen Federführungen ist so bemessen, daß der Meßeinsatzträger bei Ruhestellung stets in einer reproduzierbaren Lage gehalten wird. Es sind ein kartesisches Koordinatensystem  $x; y; z$  bildende Meßwertgeber vorgesehen, deren Ausgangssignale in einem Rechner zu sogenannten Signalkugeln mit dem Radius  $R$  verarbeitet werden. Ist der Radius  $R$  identisch mit einem von der vorgewählten Meßkraft über die Steifigkeit des Führungssystems abhängigen Radius  $R_i$ , wird eine Meßwertübernahme ausgelöst.

Nachteilig ist, daß die realisierte Meßkraft von der Auslenkung des Führungssystems abhängig ist und deshalb für eine kontinuierliche Konturabtastung höchste Forderungen an minimale Regelabweichungen der Nachführachse stellt.

Aus der DD-PS 150111 ist eine Einrichtung zur Weg-Kraft-Koordinierung von Antastsystemen bekannt, bei der zur Erzielung einer über den Meßbereich konstanten Meßkraft ein Steuerkreis, bestehend aus einer spannungsgesteuerten Stromquelle, einem DC-Linearmotor, einem Weg-Kraft-Wandler, einem Wegmeßsystem und einem Regelverstärker, vorgesehen ist. Einstellmittel für den Sollwert der Meßkraft sind über die Stromquelle mit dem DC-Linearmotor und dessen Ausgang mit dem Weg-Kraft-Wandler verbunden. Das Wegmeßsystem ist dabei über den Regelverstärker mit der Stromquelle gekoppelt.

Nachteil dieser Einrichtung ist, daß bei Antastsystemen mit Nachlaufprinzip infolge der funktionsnotwendigen Federsteifigkeit mit zunehmender Tasterauslenkung immer größere Kompensationskräfte vom DC-Linearmotor zur Konstanthaltung der Meßkraft erzeugt werden müssen. Dazu sind relativ hohe Ströme notwendig, welche zur die Meßunsicherheit des Antastsystems vergrößernden Wärmeentwicklung führen. Weitere Nachteile bestehen darin, daß bei dieser Einrichtung sowohl der DC-Linearmotor als auch das Wegmeßsystem als Tauchspulsysteme ausgeführt sind, und die Anwendung der Einrichtung somit an lineare Führungssysteme, z. B. Blattfederführungen, gebunden ist. Der gerätetechnische Aufwand ist relativ hoch.

## Ziel der Erfindung

Es ist Ziel der Erfindung, die Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen, die Meßunsicherheit und den technischen Aufwand zu verringern und einen breiten Anwendungsbereich der Koordinatentastköpfe zu erreichen.

## Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Koordinatentastkopf mit Einrichtung zur Meßkraftstabilisierung für Koordinatenmeßgeräte zu schaffen, bei dem die Meßkraftstabilisierung mit einfachen, keine Regelung erfordernden Mitteln unter Reduzierung der Wärmeentwicklung auf ein Minimum in einer und in mehreren Koordinaten über den gesamten Antastbereich erreicht wird.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe der Erfindung bei einem Koordinatentastkopf mit Einrichtung zur Meßkraftstabilisierung, insbesondere für Koordinatenmeßgeräte, umfassend ein Tastkopfgehäuse, in welchem, längs einer senkrechten Koordinate aus einer stabilen Nullposition auslenkbar, ein Zwischenstück in Membranfedern gelagert ist, in dem ein, längs zwei weiteren orthogonalen Koordinaten aus einer stabilen Nullposition auslenkbarer Meßeinsatzträger mit Meßeinsätzen an einem Federstabführungssystem angeordnet ist, dadurch gelöst, daß in den insgesamt sechs Bewegungsrichtungen des Meßeinsatzträgers entlang den drei Koordinaten  $x$ ;  $y$ ;  $z$  in definiertem Abstand von den Nullpositionen der Membranfedern und des Federstabführungssystems bis zu insgesamt sechs vorzugsweise elektromagnetische, mit einstellbarem Erregerstrom beaufschlagte Meßkraftkompensatoren im Tastkopfgehäuse bzw. im Zwischenstück fest angeordnet sind, wobei zwei Meßkraftkompensatoren ein mit dem Zwischenstück fest verbundener Anker und vier paarweise gegenüberliegenden Meßkraftkompensatoren ein am Federstabführungssystem angeordneter Anker zugeordnet ist.

Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Meßkraftkompensatoren vorzugsweise als Topfmagnete ausgebildet sind, deren Magnetfluß über den jeweilig zugeordneten Anker geführt ist und deren Kraftwirkungen so gerichtet sind, daß sie den Rückstellkräften der Membranfedern und des Federstabführungssystems bei deren Auslenkung aus der Nullposition entgegenwirken.

Vorteilhaft ist ferner, daß die Polflächen der Meßkraftkompensatoren bei Nullposition der jeweiligen Anker einen genau definierten Abstand von diesen Ankern besitzen.

Damit wird bei einem Koordinatentastkopf der dargelegten Art in den Bewegungsrichtungen des Meßeinsatzträgers durch die Meßkraftkompensatoren bewirkt, daß bei Erregung der Topfmagnete mit einem konstanten Strom jeweils eine mit zunehmender Auslenkung des Meßeinsatzträgers aus seiner Ruhe- oder Nullposition infolge der Reduzierung des magnetischen Widerstandes zwischen Topfmagnet und jeweiligem Anker eine der Rückstellkraft der Membranfedern oder des Federstabführungssystems entgegengerichtete Kraftwirkung auf das jeweilige Führungssystem ausübt und somit eine Meßkraftkompensation oder -stabilisierung herbeigeführt wird. Ebenso kann eine Veränderung der Meß- oder Antastkraft der Meßeinsätze am Meßobjekt und deren Richtung durch eine definierte Veränderung der Erregerströme nach Größe und Richtung in den jeweiligen Meßkraftkompensatoren realisiert werden. Somit kann erreicht werden, daß der Tastkopf sowohl im Nachlauf- als auch im Vorlaufprinzip arbeiten kann, wodurch der Anwendungsbereich wesentlich im Hinblick auf eine kontinuierliche Konturabtastung bei geringem technischem Aufwand erweitert wird.

## Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In der Zeichnung zeigen

- Fig. 1: einen Längsschnitt durch den Koordinatentastkopf,
- Fig. 2: einen Querschnitt A-A durch den Tastkopf
- Fig. 3: Kraft-Weg-Kennlinie bei kompensierter Meßkraft und
- Fig. 4: Kraft-Weg-Kennlinie bei eingestellter Meßkraft

Der in Fig. 1 dargestellte Koordinatentastkopf umfaßt ein Tastkopfgehäuse 1, in dem ein Zwischenstück 2 in einer Z-Koordinate bewegbar, in Membranfedern 3 und 4 torsionssteif um die z-Koordinate gelagert ist. Das Tastkopfgehäuse 1 ist in einer Aufnahme 5 am Meßgerät angeordnet. Im Zwischenstück 2 ist ein entlang den Koordinaten X und Y auslenkbarer Meßeinsatzträger 6 in einem torsionssteifen, elastischen, aus vier Biegestäben 7 bestehenden Federstabführungssystem geführt, wobei dessen Torsionssteifheit gegen Drehung um die z-Koordinate durch einen Stabilisator 8 erreicht wird, der im Zwischenstück 2 angeordnet ist, ein in der x-y-Ebene gelegenes torsionssteifes Federstabsystem 9; 10 umfaßt und sowohl mit dem Zwischenstück 2 als auch mit dem Meßeinsatzträger 6 verbunden ist.

Im Gehäuse 1 bzw. im Zwischenstück 2 sind drei ein karthesisches Koordinatensystem ( $x$ ;  $y$ ;  $z$ ) bildende Meßwertgeber 11; 12; 13 angeordnet, welche den Auslenkungen des Meßeinsatzträgers 6 aus einer Nullposition heraus proportionale Ausgangssignale liefern. Für jede Koordinate ist ein Meßwertgeber vorgesehen.

Im Ruhezustand, d. h. wenn keine Antastung eines Meßobjektes erfolgt, befindet sich der im Federstabführungssystem und in den Membranfedern 3 und 4 gelagerte Meßeinsatzträger 6 mit dem Meßeinsatz 14 in einer genau reproduzierbaren Null- oder Ruheposition.

Entlang den Koordinaten X; Y; Z, also in den Bewegungsrichtungen  $+x$ ;  $-x$ ;  $+y$ ;  $-y$ ;  $+z$ ;  $-z$  sind in einem definierten Abstand  $a$  von der Nullposition des Federstabführungssystems und des in den Membranfedern 3; 4 gelagerten Zwischenstückes 2 elektromagnetisch wirkende Meßkraftkompensatoren 15-16; 17-18 und 19-20 (Fig. 1 und 2) so angeordnet, daß diese bei Erregung mit einem konstanten Strom  $i$  jeweils eine mit zunehmender Auslenkung des Meßeinsatzträgers 6 aus der Nullposition in Richtung eines der Meßkraftkompensatoren steigende Kraftwirkung auf das jeweilige Führungssystem ausüben und somit den Rückstellkräften des Federstabführungssystems bzw. der Membranfedern 3; 4 entgegenwirken und somit eine Meßkraftstabilisierung herbeiführen. Dabei bewirkt eine Verkleinerung des Abstandes  $a$  eine Reduzierung des magnetischen Widerstandes zwischen Anker und den als Topfmagnete ausgebildeten Meßkraftkompensatoren. Den am Gehäuse 1 befestigten Meßkraftkompensatoren 19; 20 ist ein mit dem Zwischenstück 2 fest verbundener Anker 21 und den paarweise

gegenüberliegenden Meßkraftkompensatoren 15–16 und 17–18 ein mit dem Federstababführungssystem fest verbundener Anker 22 zugeordnet. Über diese Anker 21; 22 ist der Magnetfluß der jeweiligen Topfmagnete geführt.

In Fig. 3 ist der Verlauf der einzelnen Weg-Kraft-Kennlinien eines Paares der Meßkraftkompensatoren 15–16; 17–18 oder 19–20 dargestellt bei vollständiger Kompensation der Meßkraft innerhalb einer als Meßbereich b bezeichneten Strecke. a ist der Abstand des jeweiligen Ankers 21 oder 22 vor der dem Anker zugewandten Fläche der zugeordneten Meßkraftkompensatoren. Ausgeführt am Beispiel der der X-Koordinate zugeordneten Meßkraftkompensatoren 15; 16, sind

g die Federkennlinie des Federstabführungssystems entlang der X-Koordinate,

f die Kraft-Weg-Kennlinie des Meßkraftkompensators 15,

c die Kraft-Weg-Kennlinie des Meßkraftkompensators 16,

d die resultierende Kraft-Weg-Kennlinie der Meßkraftkompensatoren 15 und 16 und

e der Meßkraftverlauf über dem Auslenkweg, wobei beide Meßkraftkompensatoren mit einem Strom  $i$  erregt werden.

Der Verlauf der Meßkraft (Kurve e) zeigt, daß die Meßkraft im Bereich b, also über einen großen Teil der Strecke a Null ist.

In Fig. 4 ist der Verlauf der einzelnen Weg-Kraft-Kennlinien analog zu Fig. 3 dargestellt. Jedoch wird hier durch Erregung des Meßkraftkompensators 15 mit einem Erregerstrom  $i - i$  und des Meßkraftkompensators 16 mit einem Erregerstrom  $i + i$  ein über der Weg-Koordinate s liegender Meßkraftverlauf  $e'$  erreicht, wobei  $F_M$  die eingestellte bzw. erzielte Meßkraft ist.

In der Fig. 4 bedeuten ferner

f' die Kraft-Weg-Kennlinie des Meßkraftkompensators 15 bei Erregerstrom  $i - i$ ,

c' die Kraft-Weg-Kennlinie des Meßkraftkompensators 16 bei Erregerstrom  $i + i$  und

d' die Resultierende aus den Kraft-Weg-Kennlinien f' und c'.

Es ist ersichtlich, daß die Meßkraft  $F_M$  (Kurve e!) über einen weiten Bereich b, also über einen großen Teil der Strecke a konstant ist. Durch Wahl der Größe der Erregerströme ( $i \pm i$ ) an den Meßkraftkompensatoren 15 und 16 kann der Betrag und die Richtung der Meßkraft eingestellt werden.

Die an den Meßkraftkompensatoren 15 und 16 dargestellten Verhältnisse sind analog auch auf die in der y-Koordinate wirkenden Meßkraftkompensatoren 17 und 18 und auf die in der Z-Koordinate wirkenden Meßkraftkompensatoren 19 und 20 übertragbar.

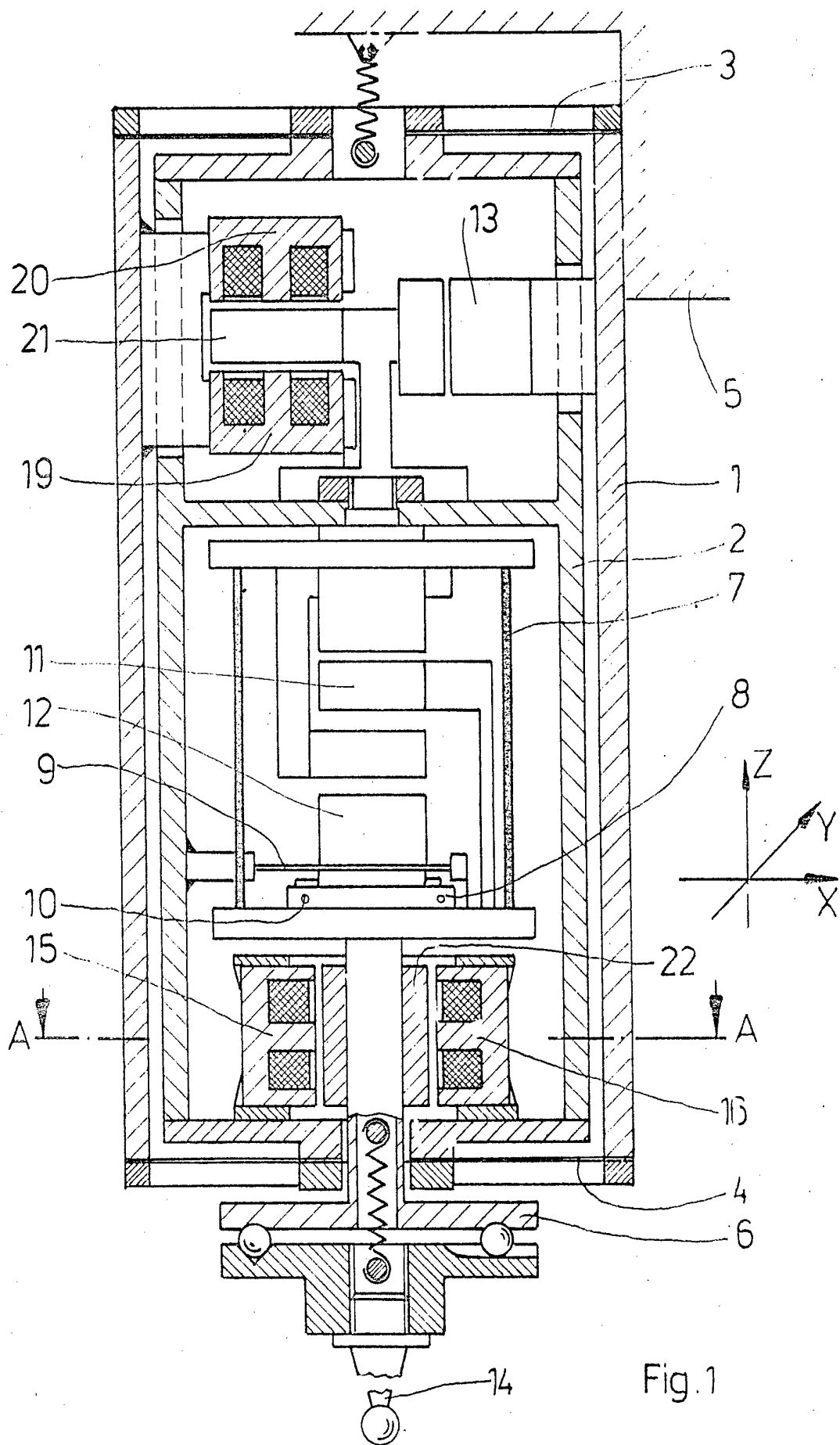


Fig. 1

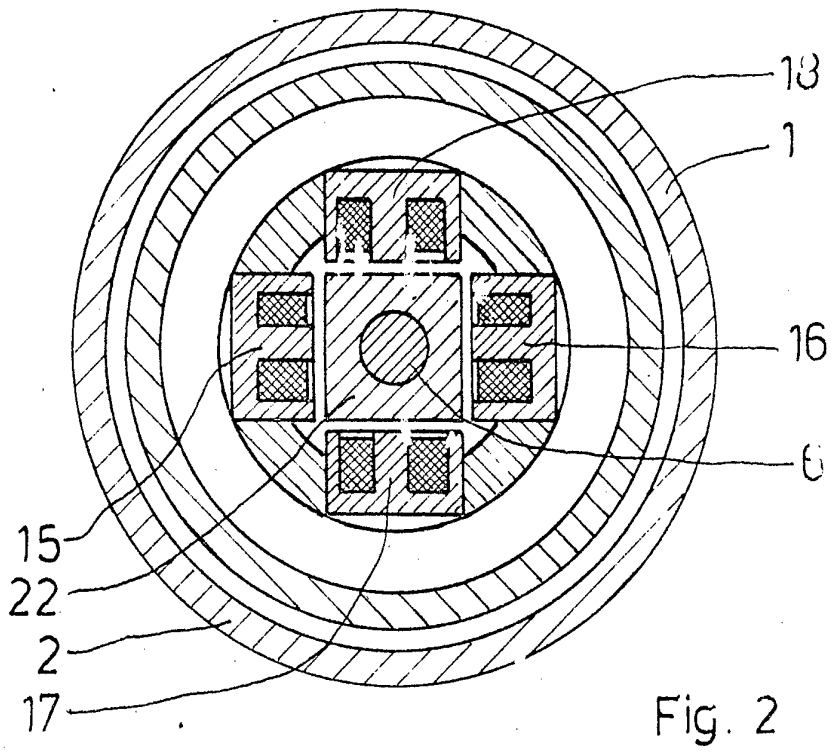


Fig. 2

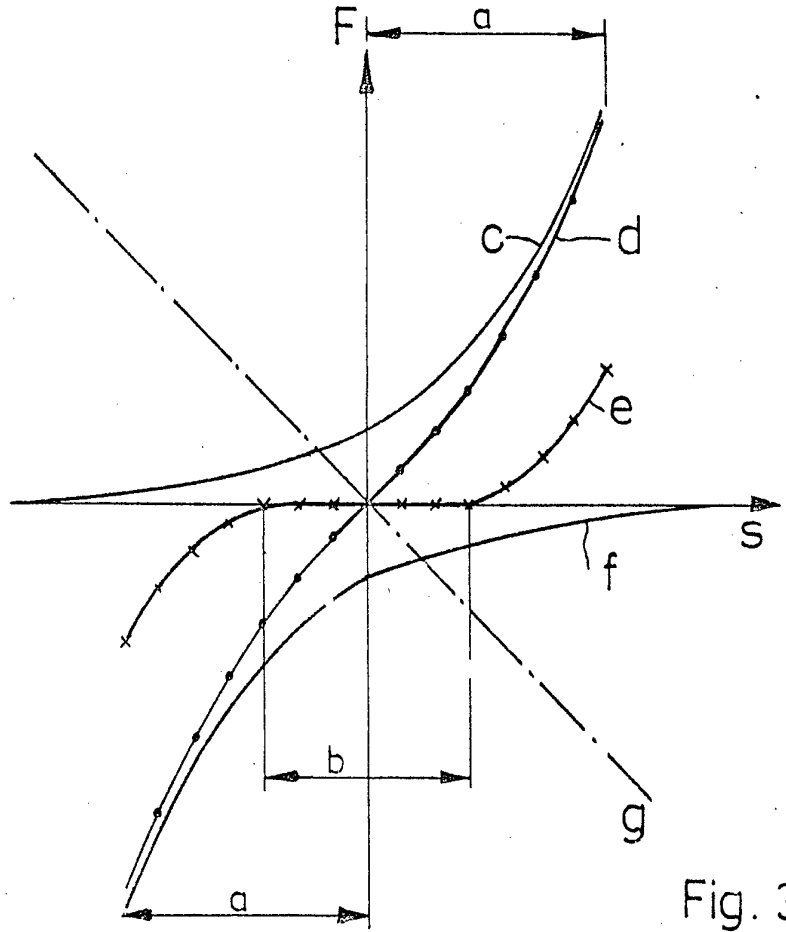


Fig. 3

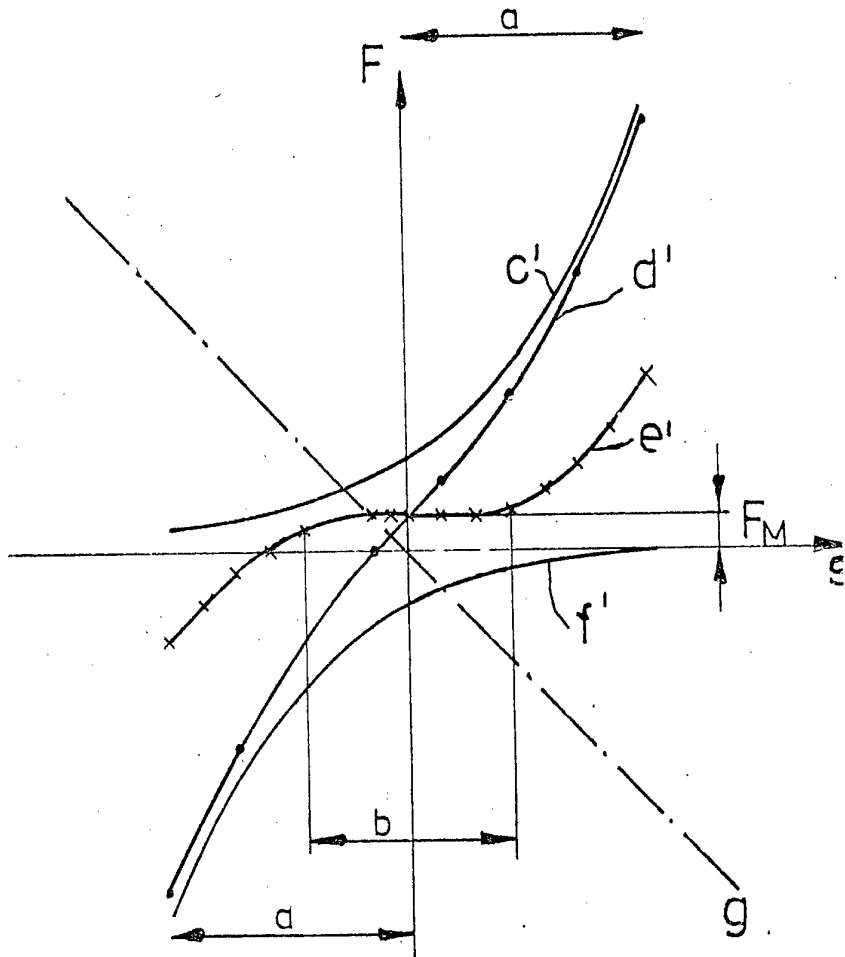


Fig. 4