



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 062 763 B3 2010.07.15**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 062 763.1**
 (22) Anmeldetag: **18.12.2008**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **15.07.2010**

(51) Int Cl.⁸: **G01B 21/04 (2006.01)**
G01B 5/008 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Hexagon Metrology GmbH, 35578 Wetzlar, DE

(74) Vertreter:
Knefel, C., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 35578 Wetzlar

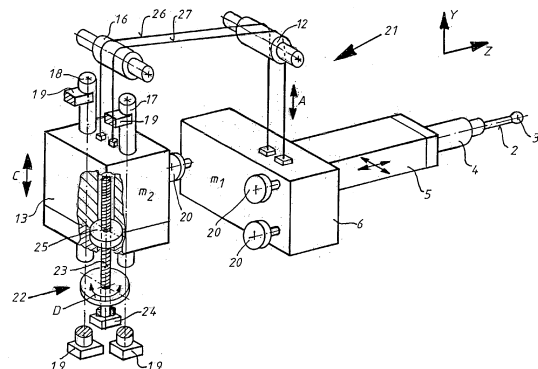
(72) Erfinder:
Lindner, Ingo, 64354 Reinheim, DE

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

WO	89/09 921	A1
GB	20 42 732	A
DE	37 19 509	A1
DE	31 07 781	A1
DE	195 07 628	A1
GB	9 66 783	A

(54) Bezeichnung: **Koordinatenmessgerät mit einem Antrieb für ein vertikal bewegliches Bauteil des Koordinatenmessgerätes**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Koordinatenmessgerät mit einem Antrieb für ein vertikal bewegliches Bauteil des Koordinatenmessgerätes, bei dem eine erste Masse, die ein Messelement trägt, und eine Gewichtsausgleichsmasse vorgesehen sind, wobei die erste Masse und die Gewichtsausgleichsmasse bezüglich ihrer Vertikalbewegung durch ein biegeschlaffes Zugmittel gekoppelt sind, und bei dem lediglich die Gewichtsausgleichsmasse mittels eines unmittelbar an der Gewichtsausgleichsmasse angreifenden Antriebes vertikal antreibbar ausgebildet ist, während die erste Masse mittelbar über das biegeschlaffe Zugmittel angetrieben wird und bei dem der die Gewichtsausgleichsmasse bewegende Antrieb als im Vergleich mit dem Zugmittel steifer Antrieb ausgebildet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Koordinatenmessgerät mit einem Antrieb für ein vertikal bewegliches Bauteil des Koordinatenmessgerätes.

[0002] Aus der Praxis ist ein Antrieb für ein vertikal bewegliches Bauteil eines kartesischen Koordinatenmessgerätes, beispielsweise für die Z-Achse bekannt. Bei diesem Antrieb ist eine erste Masse vorgesehen, an der mittelbar oder unmittelbar ein Messelement angeordnet ist. Das Messelement besteht üblicherweise aus einem Tastkopf, der einen Taststift mit Tastkugel trägt.

[0003] Der Antrieb dieser ersten Masse in vertikaler Richtung erfolgt folgendermaßen:

Ein Motor treibt eine Trommel an, auf der wenigstens ein biegeschlaffes Zugmittel wie ein Band, Seil oder eine Kette derart angeordnet ist, dass bei Drehen der Trommel das wenigstens eine Zugmittel auf- oder abgewickelt wird. Der Motor ist dabei in der Nähe der Bandtrommel angeordnet und stützt sich an der das vertikal zu bewegende Bauteil tragenden Struktur ab. Das wenigstens eine Zugmittel ist mit der ersten Masse fest verbunden. Versetzt der Motor die Trommel in eine Drehbewegung, so wird die erste Masse in Bewegung versetzt. Üblicherweise ist eine Umlenkrolle für die Umlenkung des wenigstens einen Seiles oder Bandes vorgesehen, so dass die erste Masse eine Bewegung in vertikaler Richtung durchführt.

[0004] Darüber hinaus ist eine Gewichtsausgleichsmasse vorgesehen, die ebenfalls über wenigstens ein biegeschlaffes Zugmittel wie beispielsweise ein Seil, Band oder eine Kette über die genannte Trommel angetrieben wird. Für das wenigstens eine Zugmittel der Gewichtsausgleichsmasse ist eine zweite Umlenkrolle vorgesehen.

[0005] Beide Massen können auch durch ein einziges Zugmittel miteinander verbunden sein, das kraftschlüssig – bei Band oder Seil – oder formschlüssig mittels eines Kettenrades bei einer Kette – mit der Trommel verbunden ist.

[0006] Zumindest die erste Masse stützt sich über Lager an einer Führung, beispielsweise einer vertikal angeordneten Strebe oder einem Pfeiler des Koordinatenmessgerätes ab. Die Gewichtsausgleichsmasse kann über Linearführungen, die beispielsweise durch die Gewichtsausgleichsmasse durchgreifen, geführt werden.

[0007] Dieser zum Stand der Technik gehörende Antrieb eines der Schwerkraft unterliegenden Bauteiles weist den Nachteil auf, dass das System mit dem Antrieb über das Zugmittel nicht sehr steif ist. Hieraus resultiert, dass die Eigenfrequenz – gebildet aus den beiden Massen und dem Zugmittel – nicht sehr hoch

ist und dass damit unerwünschte Schwingungen auftreten. Darüber hinaus werden Drehmomente, die beim Beschleunigen und Abbremsen der Massen auftreten, bei diesem aus der Praxis bekannten Antrieb in die Struktur eingeleitet, was wiederum zu Messfehlern führt.

[0008] Das aus der Praxis bekannte Koordinatenmessgerät weist darüber hinaus den Nachteil auf, dass der zum Antrieb erforderliche Motor ein aufwändiges Untersetzungsgetriebe, in vielen Fällen sogar ein zweistufiges Untersetzungsgetriebe aufweisen muss.

[0009] Zum Stand der Technik (WO 89/09921 A1) gehört ein Koordinatenmessgerät, bei dem in dem Antrieb zwei über ein Seil gekoppelte Massen vorgesehen sind. Jede Masse wird von einem Reibradantrieb angetrieben. Diese zum Stand der Technik gehörende Vorrichtung weist den Nachteil auf, dass Reibradantriebe sehr teuer sind. Darüber hinaus müssen die beiden Motoren der Reibradantriebe synchronisiert werden. Der Motor, der jeweils die Aufwärtsbewegung durchführt, muss etwas langsamer als der andere Motor laufen, damit das Kopplungsseil unter Spannung steht. Kehrt sich die Bewegung um, muss der jeweils andere Motor entsprechend langsamer sein. Diese Synchronisation ist sehr schwierig und aufwändig. Insbesondere bei Richtungsumkehr bei kontinuierlichen Abtastvorgängen (Scannen) gestaltet sich die Synchronisation schwierig, weil die Motore ihre "Rollen" wechseln müssen.

[0010] Zum Stand der Technik (DE 31 07 781 A1) gehört eine Antriebseinrichtung für eine Pinole, bei der die Pinole an einem antreibbaren Stahlband befestigt ist. Das Ende des Bandes ist an einer Aufwickelrolle befestigt, am anderen Bandende ist die Pinole in ihrer Mittellängsachse angehängt. Zwischen den Bandenden ist oberhalb der Pinole eine Umlenkrolle angeordnet. Die Aufwickelrolle für das Stahlband wird von einem Motor in Bewegung gesetzt. Diese zum Stand der Technik gehörende Antriebs-einrichtung weist ebenfalls den Nachteil auf, dass das System mit dem Antrieb über das Zugmittel nicht sehr steif ist und dass damit, wie schon beschrieben, unerwünschte Schwingungen auftreten.

[0011] Weiterhin gehört zum Stand der Technik (DE 195 07 628 A1) ein Aufzug, bei dem ein Fahrkorb und ein Gegengewicht vorgesehen ist. Das Gegengewicht wird über einen Antriebszug mit erstem und zweitem Trum von einem Antrieb bewegt. Auch dieses System mit dem Antrieb über das Zugmittel ist nicht sehr steif und weist deshalb die schon bekannten Nachteile auf.

[0012] Darüber hinaus gehört zum Stand der Technik (DE 37 19 509 A1) ein Höhenmessgerät, bei dem an einer Führung ein Messschlitten gelagert ist, an

dem wiederum ein Messtaster starr befestigt ist.

[0013] Der Schlitten hängt an einem endlosen Stahlband, welches über eine obere Umlenkrolle und eine untere Umlenkrolle des Ständers geführt ist. Auf der dem Schlitten entgegengesetzten Seite ist am Stahlband ein Gegengewicht befestigt. Die untere Umlenkrolle wird von einem Getriebeelektromotor über eine Welle angetrieben. Auch dieses Höhenmessgerät weist den schon angegebenen Nachteil auf, dass das System mit dem Antrieb über das Zugmittel nicht sehr steif ist und hieraus unerwünschte Schwingungen resultieren.

[0014] Das der Erfindung zugrunde liegende technische Problem besteht darin, ein Koordinatenmessgerät mit einem Antrieb für ein vertikal bewegliches Bauteil des Koordinatenmessgerätes anzugeben, welches die genannten Nachteile nicht aufweist.

[0015] Dieses technische Problem wird durch ein Koordinatenmessgerät mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0016] Das erfindungsgemäße Koordinatenmessgerät mit einem Antrieb für ein vertikal bewegliches Bauteil des Koordinatenmessgerätes, bei dem eine erste Masse, die ein Messelement trägt, und eine Gewichtsausgleichsmasse vorgesehen sind, wobei die erste Masse und die Gewichtsausgleichsmasse bezüglich ihrer Vertikalbewegung durch ein biegeschlaffes Zugmittel gekoppelt sind und bei dem lediglich die Gewichtsausgleichsmasse mittels eines unmittelbar an der Gewichtsausgleichsmasse angreifenden Antriebes vertikal antreibbar ausgebildet ist, während die erste Masse mittelbar über das biegeschlaffe Zugmittel angetrieben wird, zeichnet sich dadurch aus, dass der die Gewichtsausgleichsmasse bewegende Antrieb als im Vergleich mit dem Zugmittel steifer Antrieb ausgebildet ist und dass der Antrieb für die Gewichtsausgleichsmasse unterhalb der Gewichtsausgleichsmasse angeordnet ist und dass der im Vergleich mit dem Zugmittel steife Antrieb als Spindeltrieb oder Linearmotorantrieb ausgebildet ist.

[0017] Für den Antrieb lediglich der Gewichtsausgleichsmasse ist lediglich ein unmittelbar an der Ausgleichsmasse angreifender Antrieb vorgesehen.

[0018] Die Steifigkeit des Antriebes ist mindestens zehnmal steifer als die Steifigkeit des Zugmittels.

[0019] Entscheidend für den Erfindungsgedanken ist die im Vergleich zum Zugmittel, das die beiden Massen miteinander verbindet, steife Kopplung der Gewichtsausgleichsmasse an den Antrieb.

[0020] Durch diese Ausbildung des Koordinatenmessgerätes ist die Gewichtsausgleichsmasse von

dem aus Zugmittel und erster Masse bestehenden Feder-Masse-System entkoppelt, da unmittelbar die Gewichtsausgleichsmasse durch den Antrieb bewegt wird. Durch Wegfall von ein bis zwei Riemenantriebsstufen erhält man zusätzlich eine wesentliche Versteifung des Antriebszuges. Darüber hinaus ist lediglich ein Antrieb vorgesehen, so dass eine aufwändige Synchronisation von mehreren Antrieben entfällt.

[0021] Das bedeutet, dass entweder größere bewegte Massen durch den steiferen Spindeltrieb möglich sind, oder es ist eine höhere Dynamik bei gleichen Massenverhältnissen bei dem erfindungsgemäßen Koordinatenmessgerät umsetzbar.

[0022] Der Spindeltrieb weist den Vorteil auf, dass der Spindeltrieb ein sehr präziser Antrieb ist, wodurch die Gewichtsausgleichsmasse und damit die gekoppelte erste Masse sehr exakt positioniert werden können.

[0023] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist für die Gewichtsausgleichsmasse wenigstens eine lineare Führung vorgesehen. Damit die Gewichtsausgleichsmasse keine Drehbewegungen durchführt, ist wenigstens eine verdrehsteife lineare Führung der Gewichtsausgleichsmasse erforderlich. Die linearen Führungen nehmen das Reaktionsmoment der Spindelmutter auf.

[0024] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist zur Kopplung der Bewegung der Gewichtsausgleichsmasse und der ersten Masse ein Zugmittel vorgesehen, welches als wenigstens ein Seil, Band oder Kette ausgebildet ist.

[0025] Darüber hinaus sind vorteilhaft zwei Umlenkrollen oder Kettenräder für das wenigstens eine Seil oder das wenigstens eine Band oder die wenigstens eine Kette vorgesehen.

[0026] Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Koordinatenmessgerätes liegt darin, dass der Antriebsangriffspunkt niedrig in der Maschinenstruktur liegt, so dass eine geringe Beeinflussung der messtechnischen Eigenschaften vorhanden ist.

[0027] Weiterer Vorteil ist die wesentliche Versteifung des Antriebszuges durch Wegfall von ein bis zwei Riemenantriebsstufen durch die integrierte Übersetzung im Spindeltrieb.

[0028] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich anhand der zugehörigen Zeichnung, in der ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Koordinatenmessgerätes nur beispielhaft dargestellt ist. In der Zeichnung zeigen:

[0029] [Fig. 1](#) einen zum Stand der Technik gehörenden Antrieb in perspektivischer Ansicht;

[0030] **Fig. 2** einen Antrieb einer vertikalen Achse eines Koordinatenmessgerätes in perspektivischer Ansicht;

[0031] **Fig. 3** ein Koordinatenmessgerät in perspektivischer Ansicht.

[0032] **Fig. 1** zeigt einen Antrieb **1** für ein Tastelement **2** eines Koordinatenmessgerätes **28** (in **Fig. 3** dargestellt).

[0033] Das Tastelement **2** gemäß **Fig. 1**, welches als Taststift mit Tastkugel **3** ausgebildet ist, ist an einem Tastkopf **4** angeordnet. Der Tastkopf **4** ist wiederum über eine Pinole **5** an einer ersten Masse **6** (m_1) angeordnet. Die erste Masse **6** ist in Richtung des Doppelpfeiles A in Y-Richtung bewegbar. Für den Antrieb ist ein Motor **7** vorgesehen, der über eine Welle **8** eine Bandtrommel **9** in Drehbewegung in Richtung des Doppelpfeiles B versetzt.

[0034] Seile **10, 11**, die über eine Umlenkrolle **12** geführt sind, werden auf der Bandtrommel **9** auf- oder von der Bandtrommel **9** abgewickelt.

[0035] Zusätzlich ist eine Gewichtsausgleichsmasse **13** (m_2) vorgesehen. Die Gewichtsausgleichsmasse **13** wird ebenfalls in Y-Richtung, das heißt in vertikaler Richtung bewegt, und zwar über Seile **14, 15**, die über eine Umlenkrolle **16** geführt werden. Für die Gewichtsausgleichsmasse **13** sind Führungsstangen **17, 18** vorgesehen. Die Führungsstangen sind über Distanzstücke **19** an einer festen Struktur (nicht dargestellt) des Koordinatenmessgerätes (nicht dargestellt) fest angeordnet. Die erste Masse **6** stützt sich über Lager **20** an einer Führung, beispielsweise einer Strebe oder einem Pfeiler (nicht dargestellt) des Koordinatenmessgerätes ab.

[0036] Dieser zum Stand der Technik gehörende Antrieb weist den Nachteil auf, dass er nur nutzbar ist für eine begrenzte bewegte Masse der Bewegungsachse, da sonst ein stark untersetzter Antrieb notwendig ist. Hierdurch erhält man eine geringere Dynamik. Dadurch, dass der Motor **7** einen hochliegenden Antriebsangriffspunkt aufweist, führt dies zu einer unerwünschten Einleitung von Reaktionskräften in die Struktur und Verformungen, so dass hierdurch Messfehler auftreten.

[0037] Das dargestellte System mit den Seilen **10, 11, 14, 15** ist nicht sehr steif. Die Gesamtmasse m setzt sich folgendermaßen zusammen:

$$m = m_1 + m_2$$

m_1 = erste Masse

m_2 = Gewichtsausgleichsmasse,

wobei annähernd $m_1 = m_2$ ist.

[0038] Dann ist die Eigenfrequenz v :

$$v = \frac{\omega}{2\pi} = \sqrt{\frac{S}{2m_1}}$$

wobei

S = Steifigkeit der Seile **10, 11, 14, 15** und $2m_1$ die Gesamtmasse aus m_1 und m_2 ist.

[0039] Das bedeutet, je höher die Steifigkeit oder je geringer die wirksame Masse ist, umso höher ist die Eigenfrequenz.

[0040] Da das in **Fig. 1** dargestellte System keine hohe Steifigkeit aufweist, ist die Eigenfrequenz nicht sehr hoch, wodurch unerwünschte Schwingungen auftreten.

[0041] Bei der in **Fig. 1** dargestellten Anordnung des Motors **7** werden Drehmomente, die beim Beschleunigen und Abbremsen der Massen **6, 13** auftreten, in die Struktur eingeleitet. Dieses Einleiten von Drehmomenten führt zu Messfehlern.

[0042] **Fig. 2** zeigt einen Antrieb **21**. Im Folgenden werden mit **Fig. 1** identische Bauteile mit gleichen Bezugszahlen versehen. Der Antrieb **21** weist das Tastelement **2** mit der Tastkugel **3** auf. Das Tastelement **2** ist an dem Tastkopf **4** angeordnet. Der Tastkopf **4** ist wiederum an der Pinole **5** angeordnet. Die Pinole **5** wird von der ersten Masse **6** getragen.

[0043] Der eigentliche Antrieb erfolgt über einen Spindeltrieb **22** mit einer Spindel **23**, die über einen Motor **24** in Richtung des Pfeiles D bewegbar ist. Eine in der Gewichtsausgleichsmasse **13** fixierte Spindelmutter **25** bewirkt eine Bewegung in Richtung des Doppelpfeiles C, wenn der Motor **24** die Spindel **23** in Drehbewegung versetzt. Die zwei Führungsstangen **17, 18** bewirken eine verdrehsteife lineare Führung der Gewichtsausgleichsmasse **13**.

[0044] Wird die Gewichtsausgleichsmasse **13** über den Spindeltrieb **22** in Y-Richtung bewegt, so wird die erste Masse **6** ebenfalls in Y-Richtung mit geändertem Vorzeichen bewegt, da die erste Masse **6** und die Gewichtsausgleichsmasse **13** über Seile **26, 27** gekoppelt sind. Die Seile **26, 27** sind über Umlenkrollen **12, 16** geführt.

[0045] Der erfindungsgemäße Antrieb **21** weist den Vorteil auf, dass durch den steiferen Spindeltrieb größere bewegte Massen möglich sind oder eine höhere Dynamik bei gleichen Massenverhältnissen umsetzbar ist.

[0046] Der niedrige Antriebsangriffspunkt in der Maschinenstruktur weist den Vorteil auf, dass Messfehler minimiert werden.

[0047] Durch den Wegfall von ein bis zwei Riemenantriebsstufen durch die integrierte Übersetzung im Spindeltrieb weist der Antrieb **21** eine wesentliche Versteifung des Antriebszuges und damit eine deutlich erhöhte Eigenfrequenz auf, wodurch unerwünschte Schwingungen minimiert werden.

[0048] Die Eigenfrequenz des durch das Zugmittel mit der Gewichtsausgleichsmasse gekoppelten ersten Masse ist jetzt

$$v = \frac{\omega}{2\pi} = \sqrt{\frac{S}{m_1}}$$

was einer Frequenzerhöhung um den Faktor $\sqrt{2}$ gleichkommt.

[0049] [Fig. 3](#) zeigt ein Koordinatenmessgerät **28** mit einem auf einem Messtisch **29** angeordneten Werkstück **30**.

[0050] Das Koordinatenmessgerät **28** weist ein Gehäuse **31** auf. In nicht näher dargestellter Art und Weise sind in dem Koordinatenmessgerät **28** die Umlenkrollen **16**, **17** angeordnet, über die die Seile **26**, **27** laufen. An den Seilen sind zum einen die erste Masse **6** und zum anderen die Gewichtsausgleichsmasse **13** angeordnet. Der Spindeltrieb **22** der Gewichtsausgleichsmasse **13** ist in [Fig. 3](#) nicht dargestellt.

[0051] Für eine freie Beweglichkeit der Pinole **5** sind bewegliche Abdeckungen **32**, **33** vorgesehen.

[0052] Die Pinole **5** ist in einem nicht näher beschriebenen Gehäuse der ersten Masse **6** horizontal in Z-Richtung bewegbar.

[0053] Die Bewegung in X-Richtung erfolgt entweder durch den Tisch **29**, oder die Pinole **5** ist in dem nicht beschriebenen Gehäuse der ersten Masse **6** in Z-Richtung bewegbar. Auf dem Tisch **29** ist ein Drehtisch **34** angeordnet.

Bezugszeichenliste

1	Antrieb
2	Tastelement
3	Tastkugel
4	Tastkopf
5	Pinole
6	erste Masse m_1
7	Motor
8	Welle
9	Bandtrommel
10	Seil
11	Seil
12	Umlenkrolle
13	Gewichtsausgleichsmasse m_2
14	Seil

15	Seil
16	Umlenkrolle
17	Führungsstange
18	Führungsstange
19	Distanzstücke
20	Lager
21	Antrieb
22	Spindeltrieb
23	Spindel
24	Motor
25	Spindelmutter
26	Seil
27	Seil
28	Koordinatenmessgerät
29	Messtisch
30	Werkstück
31	Gehäuse
32	bewegliche Abdeckung (horizontal)
33	bewegliche Abdeckung (vertikal)
34	Drehtisch
A	Pfeil
B	Pfeil
C	Pfeil
D	Pfeil

Patentansprüche

1. Koordinatenmessgerät mit einem Antrieb für ein vertikal bewegliches Bauteil des Koordinatenmessgerätes, bei dem eine erste Masse, die ein Messelement trägt, und eine Gewichtsausgleichsmasse vorgesehen sind, wobei die erste Masse und die Gewichtsausgleichsmasse bezüglich ihrer Vertikalbewegung durch ein biegeschlaffes Zugmittel gekoppelt sind, bei dem lediglich die Gewichtsausgleichsmasse mittels eines unmittelbar an der Gewichtsausgleichsmasse angreifenden Antriebes vertikal antreibbar ausgebildet ist, während die erste Masse mittelbar über das biegeschlaffe Zugmittel angetrieben wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der die Gewichtsausgleichsmasse (**13**) bewegende Antrieb (**22**) als im Vergleich mit dem Zugmittel steifer Antrieb ausgebildet ist, dass der Antrieb (**22**) für die Gewichtsausgleichsmasse (**13**) unterhalb der Gewichtsausgleichsmasse (**13**) angeordnet ist und dass der im Vergleich mit dem Zugmittel steife Antrieb als Spindeltrieb oder Linearmotorantrieb ausgebildet ist.

2. Koordinatenmessgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine lineare Führung (**17**, **18**) für die Gewichtsausgleichsmasse (**13**) vorgesehen ist.

3. Koordinatenmessgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zur Kopplung der Bewegung der Gewichtsausgleichsmasse (**13**) und der ersten Masse (**6**) vorgesehene Zugmittel als wenigstens ein Seil (**26**, **27**), Band oder Kette ausgebildet ist.

4. Koordinatenmessgerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Umlenkrollen (**16**, **17**) oder Kettenräder für das wenigstens eine Seil (**26**, **27**), Band oder Kette vorgesehen sind.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

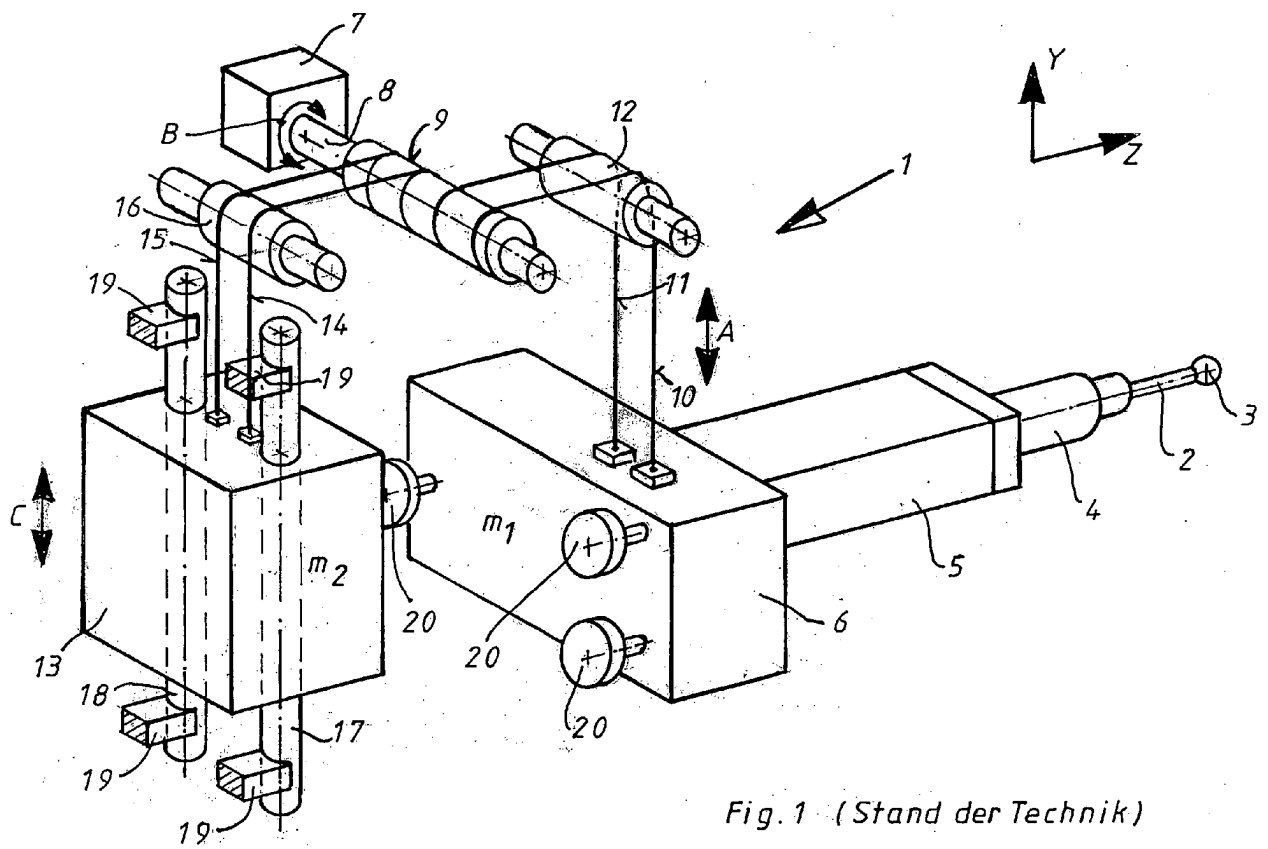


Fig. 1 (Stand der Technik)

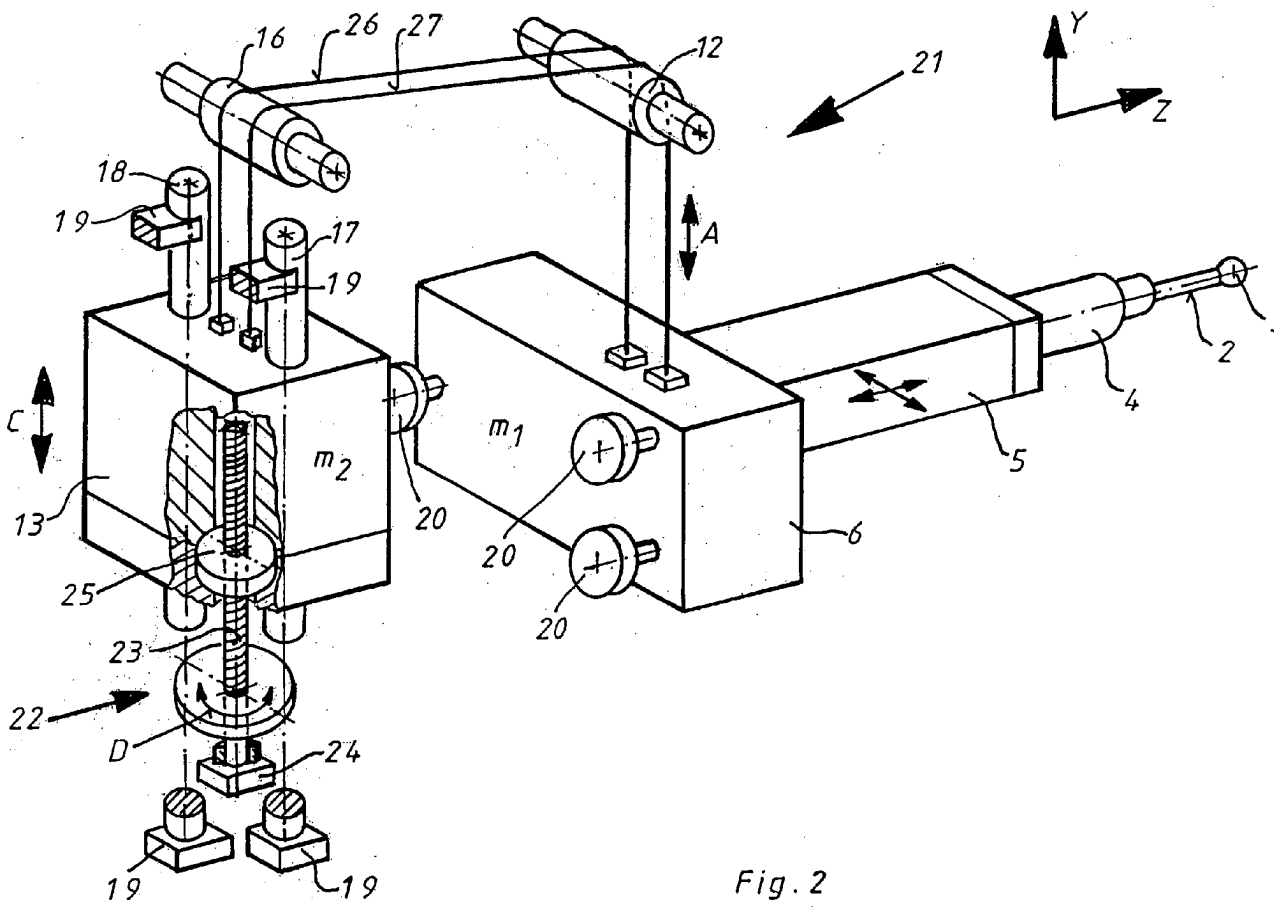


Fig. 2

