(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2010 017 455 A1** 2011.12.22

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 017 455.6**
(22) Anmeldetag: **18.06.2010**
(43) Offenlegungstag: **22.12.2011**

(51) Int Cl.: ***G01N 3/32*** (2006.01)

(71) Anmelder:
Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH, 85521, Ottobrunn, DE

(74) Vertreter:
Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538, München, DE

(72) Erfinder:
Rödling, Steffen, Dr., 83620, Feldkirchen-Westerham, DE; Decker, Matthias, 82256, Fürstenfeldbruck, DE; Fröschl, Jürgen, Dr., 85604, Zorneding, DE

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

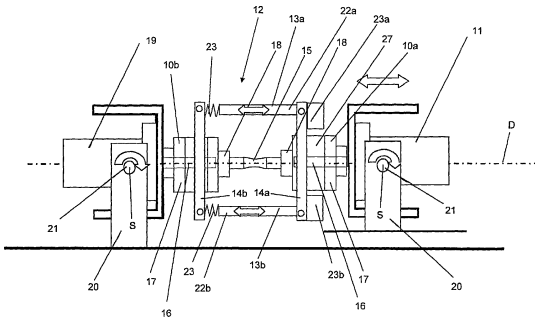
DE	**43 23 718**	**C2**
DE	**10 2005 044 903**	**A1**
DE	**10 2009 047 364**	**A1**
DE	**534 157**	**A**
FR	**2 247 139**	**A5**
FR	**2 411 403**	**A1**
WO	**2007/ 042 275**	**A1**
JP	**1 075 936**	**A**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Prüfung der Betriebsfestigkeit eines Körpers**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Prüfung der Betriebsfestigkeit eines Körpers mit Haltemitteln (10a, 10b) zur drehbaren Lagerung des Körpers um eine Drehachse, wobei wenigstens ein erstes Haltemittel (10a), insbesondere ein erstes und ein zweites Haltemittel (10a, 10b) jeweils aus einer mit der Drehachse fluchtenden Ruhestellung in eine ausgelenkte Prüfbetriebsstellung um eine Schwenkachse schwenkbar ist, wenigstens einem Drehantrieb (11) zur Erzeugung einer Drehbewegung des Körpers um die Drehachse und einer Belastungseinrichtung (12) zur Einleitung einer Prüflast in den Körper. Die Belastungseinrichtung (12) weist wenigstens einen ersten Linearantrieb (13a) auf, der zur Erzeugung einer parallel zur Drehachse wirkenden ersten Axialkraft ausgebildet ist. Das erste schwenkbare Haltemittel (10a) ein erstes Hebelelement (14a) auf, das mit dem ersten Linearantrieb (13a) verbunden ist derart, dass in den Körper ein Biegemoment, insbesondere ein mit einer Axialkraft kombiniertes Biegemoment einleitbar ist. Die Erfindung umfasst ferner ein Verfahren zur Prüfung der Betriebsfestigkeit eines Körpers, bei dem ein Biegemoment, insbesondere ein mit einer Axialkraft kombiniertes Biegemoment, im Körper erzeugt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Prüfung der Betriebsfestigkeit eines Körpers. Eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 bzw. mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 8 sowie ein Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 9 sind jeweils aus FR 2 411 403 bekannt.

[0002] Umlaufbiegeprüfungen bieten eine kostengünstige Möglichkeit, die Betriebsfestigkeit von Körpern zu untersuchen. Dazu sind Prüfstände für die Aufbringung zyklischer Belastungen bekannt, wie beispielsweise aus DE 43 23 718 C2, die auf die Anmelderin zurückgeht und eine Prüfmaschine für die Umlaufbiegemomente langer Rundstäbe offenbart. Die Maschine umfasst zwei parallel angeordnete Hubvorrichtungen, die an zwei zur Einspannung des Rundstabes vorgesehenen Lagern angreifen. Die Höhenlage der Lager ist durch die Hubvorrichtungen veränderbar, wodurch im Rundstab ein umlaufendes Biegemoment einstellbar ist. Diese Maschine eignet sich nur zur Prüfung der Betriebsfestigkeit langer Rundstäbe. Ferner kann bei dieser Prüfmaschine ausschließlich eine wechselnde Umlaufbiegebelastung auf den Rundstab aufgebracht werden.

[0003] FR 2 247 139 offenbart einen Umlaufbiegeprüfstand, bei dem eine Rundprobe drehbar an beiden Enden eingespannt ist. Die dazu vorgesehenen Spannmittel sind jeweils mit horizontal angeordneten Hebelarmen verbunden, an deren Enden Gewichte befestigt sind, die entlang der Hebelarme verschiebbar sind. Dadurch wird ein Moment auf die Spannmittel ausgeübt, das in der Rundprobe das gewünschte Biegemoment erzeugt. Der Prüfstand ist manuell zu bedienen und erlaubt nur eine eingeschränkte Überlagerung verschiedener Lastfälle. Dabei kann nur ein wechselndes Biegemoment auf den Prüfkörper aufgebracht werden.

[0004] WO 2007/042275 A1 beschreibt eine Prüfmaschine zur Prüfung eines Probekörpers bei überlagerter Umlaufbiege- und Torsionsbeanspruchung. Dazu weist die Maschine ein Hubgestänge auf, das mit einer senkrecht zur Drehachse des Prüfkörpers wirkenden Kraft betätigt wird. Das Hubgestänge greift jeweils an den beiden Spannmittel für den Probekörper an und lenkt diese bei entsprechender Beaufschlagung aus einer fluchtenden Ruhestellung in eine angestellte Prüfstellung aus, wodurch ein Biegemoment im Probekörper induziert wird. Die beiden Spannmittel sind jeweils mit einem Drehantrieb verbunden, so dass bei entsprechender Einstellung der jeweiligen Drehmomente ein Torsionsmoment im Probekörper erzeugt wird, dass der Umlaufbiegemoment überlagert wird. Die Simulation anderer Lastkombinationen ist nicht vorgesehen. Ebenso kann wiederum nur ein wechselndes Umlaufbiegemoment auf den Prüfkörper aufgebracht werden.

[0005] Die eingangs genannte FR 2 411 403 offenbart einen Prüfstand, der die Kombination unterschiedlicher Belastungen ermöglicht. Dazu weist der bekannte Prüfstand eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Umlaufbiegemoments in einem Rundkörper auf, die sich aus zwei koaxial übereinander angeordneten Hohlspindeln zusammensetzt. Die radial innen angeordnete Spindel ist durch zwei Lager mit einer unterbrochenen Hauptwelle verbunden, zwischen deren Segmenten der zu untersuchende Rundkörper eingespannt ist. Die innere Spindel und die koaxial angeordnete äußere Spindel sind durch Zylinder verbunden. Die äußere Spindel ist durch weitere Zylinder gelagert, wobei die äußere Spindel ortsfest und die innere Spindel relativ dazu drehbar ist. Durch diese Doppelspindelanordnung wird ein Umlaufbiegemoment auf den Rundkörper übertragen. Zusätzlich ist ein Segment der Hauptwelle durch einen Ringkolben mit einer Axialkraft beaufschlagbar, die dem Umlaufbiegemoment überlagert werden kann. Die bekannte Maschine hat den Nachteil, dass der Aufbau aufwändig und kompliziert ist.

[0006] Neben den bekannten servomechanischen Prüfständen sind auch Resonanzprüfstände bekannt, die eine Überlagerung verschiedener Lastfälle ermöglichen. Allerdings sind diese Prüfanlagen nicht zur Prüfung unter Umlaufbiegebeanspruchung geeignet.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Prüfung der Betriebsfestigkeit eines Körpers anzugeben, die eine Umlaufbiegeprüfung auch mit einem anderen als rein wechselndem Biegemoment ermöglicht und einfach aufgebaut ist. Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein entsprechendes Verfahren anzugeben.

[0008] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe im Hinblick auf die Vorrichtung durch den Gegenstand des Anspruchs 1, alternativ durch den Gegenstand des Anspruchs 8, und im Hinblick auf das Verfahren durch den Gegenstand des Anspruchs 9 gelöst.

[0009] Die Erfindung beruht auf dem Gedanken, eine Vorrichtung zur Prüfung der Betriebsfestigkeit eines Körpers anzugeben, die Haltemittel zur drehbaren Lagerung des Körpers um eine Drehachse aufweist, wobei wenigstens ein erstes Haltemittel, insbesondere ein erstes und ein zweites Haltemittel jeweils aus einer mit der Drehachse fluchtenden Ruhestellung in eine ausgelenkte Prüfbetriebsstellung um eine Schwenkachse schwenkbar ist. Ein Haltemittel kann dabei axial verschieblich sein. Die Vorrichtung weist wenigstens einen Drehantrieb zur Erzeugung einer Drehbewegung des Körpers um die Drehach-

se sowie eine Belastungseinrichtung zur Einleitung einer Prüflast in den Körper auf. Die Belastungseinrichtung weist wenigstens einen ersten Linearantrieb auf, der zur Erzeugung einer parallel zur Drehachse wirkenden ersten Axialkraft ausgebildet ist. Das erste schwenkbare Haltemittel weist ein erstes Hebelelement auf, wobei der erste Linearantrieb mit dem ersten Hebelelement zusammenwirkt derart, dass in den Körper ein Biegemoment, insbesondere ein mit einer Axialkraft kombiniertes Biegemoment, einleitbar ist.

[0010] Im Unterschied zum Stand der Technik wird das Umlaufbiegemoment nicht durch eine normal zur Drehachse wirkende Hubeinrichtung erzeugt, die an den Haltemitteln angreift. Vielmehr wird erfindungsgemäß eine parallel zur Drehachse wirkende erste Axialkraft durch einen Linearantrieb erzeugt. Die Axialkraft greift an einem Hebelelement an und erzeugt dadurch im Körper ein Biegemoment, bzw. bei Drehung des Körpers ein Umlaufbiegemoment. Der Aufbau der Prüfmaschine bzw. der Vorrichtung zur Prüfung der Betriebsfestigkeit kann dabei durch die Hebelanordnung zusammen mit der parallel zur Drehachse wirkenden Axialkraft erheblich vereinfacht werden. Dabei wird von der Erfindung auch der Fall umfasst, dass auf Grund der parallel zur Drehachse wirkenden Axialkraft im Prüfkörper zusätzlich zum Biegemoment eine Axialkraft auftritt. Dadurch entsteht während einer Umdrehung des Prüfkörpers eine andere als rein wechselnde Biegebeanspruchung. Das erste Hebelelement ist also mit dem ersten Linearantrieb verbunden derart, dass in den Körper ein Biegemoment, insbesondere ein mit einer Axialkraft kombiniertes Biegemoment einleitbar ist.

[0011] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die Belastungseinrichtung wenigstens einen zweiten Linearantrieb auf, der zur Erzeugung einer parallel zur Drehachse wirkenden zweiten Axialkraft ausgebildet ist und mit dem ersten und/oder zweiten Halteelement zusammenwirkt derart, dass in den Körper eine vom eingeleiteten Biegemoment unabhängige überlagernde Axialkraft, insbesondere eine variabel einstellbare Axialkraft, einleitbar ist. Die zweite Axialkraft ist unabhängig vom jeweiligen Biegemoment einstellbar.

[0012] Der Vorteil dieser Ausführungsform liegt darin, dass die Mittelspannung der Umlaufbiegebelastung durch die in den Körper einleitbare Axialkraft variabel einstellbar ist, so dass die Mittelspannungsempfindlichkeit bei der Prüfung der Betriebsfestigkeit unter Umlaufbiegebelastung berücksichtigt werden kann. Dazu wird dasselbe Konzept wie bei der Erzeugung der Umlaufbiegespannung benutzt, nämlich die Erzeugung einer parallel zur Drehachse wirkenden zweiten Axialkraft mittels eines Linearantriebs. Diese Anordnung ermöglicht einen einfachen Aufbau der Vorrichtung insbesondere im Zusammenhang mit dem ersten Linearantrieb zur Erzeugung des Umlaufbiegemoments. Diese bevorzugte Ausführungsform ermöglicht auch die Prüfung unter wechselndem Biegemoment.

[0013] Das zweite Haltemittel kann wenigstens ein zweites Hebelelement aufweisen, wodurch die Voraussetzung für verschiedene Weiterbildungen der Prüfvorrichtung geschaffen wird. So kann der erste Linearantrieb mit dem zweiten Haltemittel, insbesondere mit dem zweiten Hebelelement verbunden sein. Durch die Verbindung des ersten Linearantriebs mit den beiden ersten und zweiten Haltemitteln wird erreicht, dass das Umlaufbiegemoment durch die beiden Haltemittel in den Körper eingeleitet wird, ohne dass dazu eine separate Lagerung oder Aufhängung des ersten Linearantriebs notwendig ist. Dadurch wird ein kompakter Aufbau der Vorrichtung erreicht.

[0014] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der zweite Linearantrieb mit dem ersten Hebelelement des ersten Haltemittels verbunden, wobei die Drehachse zwischen den Verbindungen des ersten Hebelelements mit dem ersten und zweiten Linearantrieb angeordnet ist. Damit greifen die beiden Linearantriebe am selben Hebelelement auf gegenüber angeordneten Seiten der Drehachse an. Diese Anordnung ermöglicht die Überlagerung eines Umlaufbiegemoments durch eine Axialkraft, insbesondere eine Druck- oder Zugkraft, die in Richtung der Drehachse bzw. in Richtung der Längsachse des Prüfkörpers wirkt bei einfachem Aufbau der Vorrichtung.

[0015] Der zweite Linearantrieb kann mit dem zweiten Hebelelement des zweiten Haltemittels verbunden sein. Damit können sowohl der erste als auch der zweite Linearantrieb zur Erzeugung des Umlaufbiegemoments verwendet werden.

[0016] Die Linearantriebe können bei einer bevorzugten Ausführungsform im Wesentlichen parallel zur Drehachse angeordnet sein und mit den Hebelelementen ein Gestänge bilden, das die Drehachse umgibt. Diese Ausführungsform hat sich als besonders zweckmäßig erwiesen, um auf einfache Weise die Überlagerung des Umlaufbiegemoments mit einer Axialkraft zu verwirklichen.

[0017] Alternativ beruht die Erfindung auf dem Gedanken, eine Vorrichtung zur Prüfung der Betriebsfestigkeit eines Körpers mit einem ersten und zweiten Haltemittel zur drehbaren Lagerung des Körpers um eine Drehachse anzugeben, die jeweils aus einer mit der Drehachse fluchtenden Ruhestellung in eine ausgelenkte Prüfbetriebsstellung um eine Schwenkachse schwenkbar sind. Die Vorrichtung umfasst wenigstens einem Drehantrieb zur Erzeugung einer Drehbewegung des Körpers um die Drehachse der mit einem der Haltemittel verbunden ist, sowie eine Belas-

tungseinrichtung zur Einleitung einer Prüflast in den Körper. Die Belastungseinrichtung umfasst ein Hubgestänge zur Einleitung eines Biegemoments, das an den Haltemitteln senkrecht zur Drehachse angreift derart, dass die Haltemittel aus der Ruhestellung in die Prüfbetriebsstellung auslenkbar sind. Die Belastungseinrichtung umfasst ferner wenigstens einen Linearantrieb zur Einleitung einer Axialkraft, die dem Biegemoment überlagerbar ist. Der Linearantrieb ist vom Hubgestänge gesondert, insbesondere in Richtung der Drehachse entfernt angeordnet. Der Linearantrieb ist mit dem Drehantrieb zur Übertragung der Axialkraft verbunden ist, wobei der Drehantrieb axial entlang der Drehachse verschieblich ist.

[0018] Die nebengeordnete Erfindung hat den Vorteil, dass die Axialkraft unmittelbar über den Drehantrieb in den Prüfkörper einleitbar ist, wodurch der Aufbau der Vorrichtung vereinfacht wird. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann unabhängig von einer zur Erzeugung eines Umlaufbiegemoments geeigneten Vorrichtung verwendet werden. Alternativ ist es auch möglich, die vorstehend beschriebene direkte Einleitung der Axialkraft im Zusammenhang mit einer zur Erzeugung eines Umlaufbiegemoments angepassten Vorrichtung einzusetzen, insbesondere im Zusammenhang mit einer Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7. Der mit dem Drehantrieb zur Übertragung der Axialkraft verbundene Linearantrieb entspricht in diesem Zusammenhang in seiner Funktion dem zweiten Linearantrieb.

[0019] Die Erfindung beruht ferner auf dem Gedanken, ein Verfahren zur Prüfung der Betriebsfestigkeit eines Körpers anzugeben, bei dem der Körper eingespannt, mit einer Prüflast beaufschlagt und gleichzeitig um eine Drehachse gedreht wird. Zum Aufbringen der Prüflast wird wenigstens eine parallel zur Drehachse wirkende erste Axialkraft erzeugt, die mit einem Hebelelement zusammenwirkt und ein Biegemoment, insbesondere ein mit einer Axialkraft kombiniertes Biegemoment, im Körper erzeugt. Dabei kann zusätzlich zum Biegemoment, insbesondere zu dem mit einer Axialkraft kombinierten Biegemoment, auch eine Axialkraft, insbesondere eine variabel einstellbare Axialkraft, auf den Prüfkörper aufgebracht werden, die unabhängig vom Biegemoment eingestellt wird.

[0020] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezug auf die beigefügten schematischen Zeichnungen mit weiteren Einzelheiten erläutert. In diesen zeigen

[0021] Fig. 1 eine Seitenansicht einer Vorrichtung zur Prüfung der Betriebsfestigkeit eines Körpers nach einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel; und

[0022] Fig. 2 eine Seitenansicht einer Vorrichtung zur Prüfung der Betriebsfestigkeit eines Körpers nach einem weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel.

[0023] Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel für eine Vorrichtung bzw. einen Prüfstand zur Prüfung der Betriebsfestigkeit eines Prüfkörpers **15**, der nicht nur eine Prüfung der Dauerschwingfestigkeit des Prüfkörpers bei Biegewechselbeanspruchung, bei der die Mittelspannung Null ist, ermöglicht. Der Prüfstand ermöglicht auch die Prüfung der Biegeschwellfestigkeit und erlaubt somit eine Berücksichtigung der Mittelspannungsempfindlichkeit bei der Prüfung der Betriebsfestigkeit. Bei vielen, insbesondere bei metallischen Werkstoffen, nimmt die Betriebsfestigkeit ab, wenn der betreffende Körper zusätzlich mit einer Mittelspannung beaufschlagt ist.

[0024] Der Prüfstand gemäß Fig. 1 ist für eine Überlagerung von Axialkräften in Richtung der Drehachse bzw. in Richtung der Längsachse des Probekörpers **15**, d. h. von Zug- bzw. Druckkräften zusätzlich zum Biegemoment ausgebildet. Die in diesem Zusammenhang beschriebene Anordnung zur Einleitung des Biegemoments ist für eine Kombination mit einer Anordnung zur Einleitung einer Axialkraft in den Probekörper **15** besonders geeignet, wobei die Axialkraft unabhängig vom Biegemoment einstellbar ist. Die Erfindung ist nicht auf diese Kombination beschränkt. Vielmehr kann der nachfolgend näher beschriebene Hebelmechanismus im Zusammenhang mit einer parallel zur Drehachse des Körpers **10** wirkenden Axialkraft auch unabhängig von einer Anordnung zur Überlagerung des Umlaufbiegemoments durch eine Axialkraft verwendet werden.

[0025] Der Prüfstand gemäß Fig. 1 umfasst Haltemittel **10a**, **10b**, in die der Probekörper **15** einspannbar bzw. eingespannt ist und die zur drehbaren Lagerung des Probekörpers **15** angepasst sind. Im eingespannten Zustand ist der Probekörper **15** um eine Drehachse D drehbar gelagert. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel verläuft die Drehachse D in horizontaler Richtung. Eine andere Ausrichtung der Drehachse D ist möglich.

[0026] Die Haltemittel **10a**, **10b** umfassen jeweils Drehspindeln **16**, die in einem ortsfest angeordneten Gehäuse **17** gelagert sind. Die Drehspindeln **16** weisen jeweils ein Spannzeug **18** auf, in das der Probekörper **15** im Prüfbetrieb eingespannt ist.

[0027] Der Prüfstand gemäß Fig. 1 weist einen Drehantrieb **11** auf, der mit dem ersten Haltemittel **10a**, insbesondere mit der Drehspindel **16** des ersten Haltemittels **10a** zur Erzeugung einer Drehbewegung eines Probekörpers **15** um die Drehachse D wirkverbunden ist. Das dem ersten Haltemittel **10a** gegenüber angeordnete zweite Haltemittel **10b** weist eine Lagerung auf, insbesondere eine Spindellage-

rung **19**. Anstelle der Spindellagerung **19** kann ein zweiter Drehantrieb vorgesehen sein. Der erste Drehantrieb **11** und der zweite Drehantrieb können zusammenwirken derart, dass im Probekörper **15** ein Torsionsmoment erzeugbar ist.

[0028] Zur Erzeugung des Umlaufbiegemoments ist wenigstens das erste Haltemittel **10a**, insbesondere beide Haltemittel **10a**, **10b** jeweils aus einer mit der Drehachse D fluchtenden Ruhestellung in eine ausgelenkte Prüfbetriebsstellung schwenkbar. Dazu sind die beiden Haltemittel **10a**, **10b** jeweils um eine Schwenkachse S schwenkbar gelagert. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 ist jedem Haltemittel **10a**, **10b** ein Lagerbock **20** zugeordnet, der jeweils ein mit dem Drehantrieb **11** bzw. mit der Spindellagerung **19** verbundenes Schwenklager **21** aufweist. Das Schwenklager **21** ist so angeordnet, dass die Schwenkachse S senkrecht zur Drehachse D verläuft und diese schneidet. Andere Lagerungsmöglichkeiten der Haltemittel **10a**, **10b** sind möglich.

[0029] Für den Längenausgleich im Prüfbetrieb ist einer der beiden Lagerböcke **20** bzw. generell eines der beiden Haltemittel **10a**, **10b** axial verschieblich und zwar entlang der Drehachse D. Bei dem Prüfstand gemäß Fig. 1 ist beispielsweise der Lagerbock **20** für den Drehantrieb **11** axial verschieblich. Es ist auch möglich, den anderen Lagerbock **20** für die Spindellagerung **19** axial verschieblich anzuordnen. Der jeweils andere Lagerbock **20** bzw. generell das jeweils andere Haltemittel **10a**, **10b** ist ortsfest angeordnet und mit einem Fundament der Prüfmaschine verbunden. Bei dem Prüfstand gemäß Fig. 1 erfolgt über den axial verschieblichen Lagerbock **20** keine aktive Krafteinleitung. Das axial verschiebliche Haltemittel kann auch mit einer in Richtung der Drehachse wirkenden Axialkraft beaufschlagt werden.

[0030] Zusätzlich oder alternativ zu dem Längenausgleich durch Axialverschiebung kann der Längenausgleich durch ein elastisch verformbares Zwischenelement bewirkt werden, das mit einem der Haltemittel **10a**, **10b** zusammenwirkt (nicht dargestellt).

[0031] Zur Einleitung einer Prüflast in den Körper **15** weist der Prüfstand gemäß Fig. 1 eine Belastungseinrichtung **12** auf. Die Belastungseinrichtung **12** umfasst wenigstens einen ersten Linearantrieb **13a**, der beabstandet von der Drehachse D angeordnet und zur Erzeugung einer parallel zur Drehachse D wirkenden ersten Axialkraft ausgebildet ist. Dazu weist der erste Linearantrieb **13a** ein Kraftübertragungselement, insbesondere eine Spindel **22a** oder eine Stange, beispielsweise eine Zahnstange, auf. Die Spindel **22a** ist mit einem Motor **23a** verbunden und linear, d. h. in Längsrichtung der Spindel entlang der Drehachse D beweglich. Wie durch den Doppelpfeil verdeutlicht, kann die Spindel **22a** ausgefahren oder eingefahren werden, so dass die wirksame Länge der Spindel **22a** veränderlich ist.

[0032] Andere Stellmittel, beispielsweise Schub- und Zugstangen oder Kolben/Zylinderanordnungen, sind möglich. Allgemein sind mechanische und/oder hydraulische und/oder pneumatische Linearantriebe möglich. Dies gilt für alle Linearantriebe der verschiedenen Ausführungsbeispiele.

[0033] Der erste Linearantrieb **13a** ist mit den beiden Haltemitteln **10a**, **10b** wirkverbunden, insbesondere durch einen Hebelmechanismus, und ermöglicht die Erzeugung eines Umlaufbiegemoments im Probekörper **15**. Dazu weisen das erste und zweite Haltemittel **10a**, **10b** jeweils ein erstes und zweites Hebelelement **14a**, **14b** auf. Die beiden Hebelelemente **14a**, **14b** sind mit dem zugehörigen Halteelement **10a**, **10b** insbesondere mit dem Gehäuse **17** zur Übertragung eines Moments fest verbunden. Wie in Fig. 1 zu erkennen, sind die beiden Hebelelemente **14a** bzw. die Hebelarme senkrecht zur Drehachse D angeordnet. Eine andere Anordnung, insbesondere unter einem Winkel zur Drehachse D ist möglich. Im Beispiel gemäß Fig. 1 sind die beiden Hebelelemente **14a**, **14b** parallel zueinander angeordnet.

[0034] Der erste Linearantrieb **13a** ist jeweils mit dem ersten und zweiten Hebelelement **14a**, **14b** verbunden, insbesondere gelenkig verbunden. Konkret ist ein erstes Ende der Spindel **22a** mit dem ersten Hebelelement **14a** und ein zweites Ende der Spindel **22a** mit dem zweiten Hebelelement **14b** verbunden. Die Verbindung des zweiten Endes der Spindel **22a** mit dem zweiten Hebelelement **14b** kann durch ein Mittel zur Weg-Kraftkopplung, beispielsweise durch eine Feder **23** erfolgen. Es ist auch möglich, dass nur ein einziges Hebelelement **14a** mit dem Linearantrieb **13a** verbunden ist. Die Hebelelemente **14a**, **14b** und der erste Linearantriebe **13a** bilden dabei ein Gestänge **25**, insbesondere ein Axialgestänge, dessen Antriebskomponente sich in Längsrichtung der Anordnung entlang der Drehachse D erstreckt.

[0035] Durch Betätigung des ersten Linearantriebs **13a** werden das erste und zweite Rebelement **14a**, **14b** jeweils mit einer parallel von der Drehachse beabstandet wirkenden Axialkraft beaufschlagt. Dadurch wird der Prüfkörper durch ein Biegemoment und eine Axialkraft (Zugkraft/Druckkraft) belastet. Durch zusätzliche Drehung des Prüfkörpers wird ein Umlaufbiegemoment hervorgerufen.

[0036] Zur Überlagerung des durch den ersten Linearantrieb **13a** einstellbaren Umlaufbiegemoments durch eine Axialkraft, die unabhängig vom Biegemoment einstellbar ist, ist ein zweiter Linearantrieb **13b** vorgesehen, der zur Erzeugung einer parallel zur Drehachse D wirkenden zweiten Axialkraft angepasst ist. Der zweite Linearantrieb **13b** wirkt mit dem ers-

ten und zweiten Halteelement **10a**, **10b** zusammen derart, dass in den Körper **15** eine das Umlaufbiegemoment überlagernde Axialkraft einleitbar ist. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 ist dazu der zweite Linearantrieb **13b** mit dem ersten Hebelelement **14a** des ersten Haltemittels **10a** verbunden. Die Drehachse D verläuft zwischen den beiden Verbindungsstellen des ersten Hebelelements **14a** mit dem ersten und dem zweiten Linearantrieb **13a**, **13b**, wie in Fig. 1 dargestellt. Der zweite Linearantrieb **13b** ist mit dem zweiten Hebelelement **14b** verbunden. Die Anordnung und Ausbildung des zweiten Linearantriebs **13b** entspricht der Anordnung und Ausbildung des ersten Linearantriebs **13a**. Alle Merkmale, die im Zusammenhang mit dem ersten Linearantrieb **13a** offenbart sind, werden hiermit auch im Zusammenhang mit dem zweiten Linearantrieb **13b** offenbart.

[0037] Die beiden Linearantriebe **13a**, **13b** wirken jeweils parallel zur Drehachse D und weisen parallel zur Drehachse D linear verschiebliche Stellmittel (Spindeln **22a**, **22b**) auf. Die Linearantriebe **13a**, **13b**, insbesondere die Stellmittel, sind von der Drehachse D beabstandet angeordnet.

[0038] Die beiden Linearantriebe **13a**, **13b** bilden zusammen mit den Hebelelementen **14a**, **14b** ein Gestänge, insbesondere ein Parallelgestänge bzw. ein Axialgestänge, das die Drehachse D umgibt und das durch Betätigung der Linearantriebe geometrisch veränderbar ist derart, dass eine Neigung der Hebelelemente **14a**, **14b** und somit eine Auslenkung der Haltemittel **10a**, **10b** einstellbar, bzw. allgemein ein Biegemoment in den Prüfkörper zwischen den Haltemitteln **10a**, **10b** einleitbar ist. Dabei sind die Linearantriebe **13a**, **13b** parallel zur Drehachse D angeordnet und von dieser beabstandet. Die Linearantriebe **13a**, **13b** sind insbesondere symmetrisch zur Drehachse D angeordnet. Die Hebelelemente **14a**, **14b** sind zumindest in der Ruhestellung senkrecht zur Drehachse D angeordnet.

[0039] Im Prüfbetrieb funktioniert der Prüfstand gemäß Fig. 1 wie folgt:
Zur Einstellung einer kombinierten Prüflast wird beispielsweise der erste Linearantrieb **13a** betätigt derart, dass die Spindel **22a** ausgefahren wird, so dass der Abstand zwischen den beiden Hebelelementen **14a**, **14b** im Bereich der Spindel **22a** vergrößert wird. Dadurch werden die mit den Hebelelementen **14a**, **14b** verbundenen Haltemittel **10a**, **10b** aus der Ruhestellung ausgelenkt und schwenken um die Schwenkachse S. Dadurch kommt es zu einer Biegung des Probekörpers **15**, in den eine Biegespannung induziert wird. Durch Erzeugung einer Drehbewegung des Probekörpers **15** durch den Drehantrieb **11** wird dieser mit einem Umlaufbiegemoment beaufschlagt. Das durch den ersten Linearantrieb **13a** aufgebrachte Biegemoment kann konstant sein oder während des Prüfbetriebs verändert werden.

[0040] Zur Einstellung der Mittelspannung, insbesondere zum Einstellen des Schwellbetriebs der Prüfvorrichtung gemäß Fig. 1 wird der zweite Linearantrieb **13b** betätigt. Dazu wird die zweite Spindel **22b** des zweiten Linearantriebs **13b** ausgefahren, die gegen das durch den ersten Linearantrieb **13a** erzeugte Moment arbeitet und eine Axialkraft, insbesondere eine Zugkraft auf den Probekörper **15** ausübt. Die durch den zweiten Linearantrieb **13b** erzeugte Axialkraft kann konstant sein oder während des Prüfbetriebs verändert werden.

[0041] Zur Überlagerung des Umlaufbiegemoments mit einer Druckkraft werden die beiden Linearantriebe **13a**, **13b** entsprechend umgekehrt betrieben.

[0042] Im Prinzip kann auch ein wechselndes Biegemoment mit den beiden zur Drehachse parallelen Linearantrieben bei nicht drehendem Probekörper aufgebracht werden, indem die Linearantriebe mit wechselnden Axialkräften betrieben werden.

[0043] Insgesamt kann die Vorrichtung wie folgt betrieben werden:
Ein reines Biegemoment ohne Axialkraft wird erzeugt, wenn beide Linearantriebe **13a**, **13b** gleich große Zug- und Druckkräfte erzeugen, die sich gegenseitig aufheben. Ein Linearantrieb **13a** wird dabei ausgefahren (Zugkraft) und der andere Linearantrieb **13b** wird eingefahren (Druckkraft). Für die Überlagerung mit einer Zugkraft bestehen 2 Möglichkeiten: Mit einem der Linearantriebe **13a** wird eine Zugkraft erzeugt, die größer ist, als die mit dem anderen Linearantrieb **13b** erzeugte Druckkraft, so dass insgesamt eine Zugkraft resultiert. Alternativ können beide Linearantriebe **13a**, **13b** Zugkräfte erzeugen, die unterschiedlich groß sind, so dass ein Biegemoment resultiert. Dasselbe gilt in analoger Weise für die Überlagerung mit einer Druckkraft. Die Erzeugung einer reinen Axialkraft ist bei gleich großen Zugkräften bzw. bei gleich großen Druckkräften im Prinzip möglich, in der Praxis aber weniger relevant.

[0044] Die Erfindung ist nicht auf das in Fig. 1 dargestellte Parallelgestänge als einzige Belastungseinrichtung **12** beschränkt. Vielmehr können weitere Linearantriebe vorgesehen sein, die jeweils über einen weiteren Hebelmechanismus mit den Haltemitteln **10a**, **10b** verbunden sind. Die weiteren Hebelanordnungen können entsprechend der in Fig. 1 dargestellten Hebelanordnung ausgebildet sein bzw. ein entsprechendes Gestänge aufweisen. Die sich dabei ergebende Wechselwirkung bzw. Auslenkung der Gestänge kann beispielsweise durch die Federn **23** kompensiert werden.

[0045] Ferner ist es möglich, die Position der Anlenkstellen der Linearantriebe **13a**, **13b** an den Hebelelementen **14a**, **14b** zu variieren. Durch die Änderung der Hebellänge ist das maximal aufbringbare Umlaufbiegemoment einstellbar. Es ist auch möglich, den ersten und/oder zweiten Linearantrieb **13a**, **13b** schräg bezogen auf die Drehachse D anzuordnen. Dadurch können die Umlaufbiegemomente variiert werden, die jeweils im Bereich der Haltemittel **10a**, **10b** eingeleitet werden. Es versteht sich, dass der vorstehend gebrauchte Begriff „Axialkraft" auch Axialkraftkomponenten umfasst, die parallel zur Drehachse D bzw. in Richtung der Drehachse D wirkt. Dabei kann der erste und/oder der zweite Linearantrieb **13a**, **13b** einerseits am Gehäuse **17** der Spindellagerung **19** und andererseits am gegenüber angeordneten ersten Hebelelement **14a** angreifen.

[0046] Es ist auch möglich, den ersten und/oder zweiten Linearantrieb **13a**, **13b** nur an einem ersten Ende mit dem ersten und/oder zweiten Hebelelement **14a**, **14b** zu verbinden. Das andere Ende des ersten und/oder zweiten Linearantriebs **13a**, **13b** kann mit einem Rahmen des Prüfstandes verbunden sein.

[0047] Es ist ferner möglich, einen der beiden Linearantriebe **13a**, **13b** mit dem Drehantrieb **11** oder mit der Spindellagerung **19** zu koppeln, wie in Fig. 2 dargestellt. Der andere Linearantrieb **13a**, **13b** ist entsprechend dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 als Belastungseinrichtung **12** ausgebildet. Damit könnte einer der beiden in Fig. 1 dargestellten Linearantriebe **13a**, **13b** entfallen derart, dass das Gestänge für die Einleitung des Biegemoments einen einzigen Linearantrieb **13a** umfasst, der an beiden Enden mit den Hebelelementen **14a**, **14b** verbunden ist. Die Axialkraft kann durch Verschieben der Antriebseinheit und das Umlaufbiegemoment durch Betätigen des zwischen den beiden Hebelelementen **14a**, **14b** wirkenden einzigen Linearantriebs **13a** erzeugt werden.

[0048] Wenn auf die Einleitung der zusätzlichen, unabhängig vom Biegemoment einstellbaren Axialkraft verzichtet werden soll, kann die Vorrichtung einen einzigen Linearantrieb **13a** umfassen, der mit einem einzigen Hebelelement **14a** oder mit beiden Rebelementen **14a**, **14b** verbunden ist.

[0049] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 erfolgt die Krafteinleitung einerseits durch eine Hubeinrichtung **24** mit einem Hubgestänge **25**, das an den beiden Halteelementen **10a**, **10b** senkrecht zur Drehachse D angreift und im Prüfbetrieb die Halteelementen **10a**, **10b** auslenkt. Die Hubeinrichtung **24** ist durch eine Feder **26** mit dem Gestänge gekoppelt. Durch die Hubeinrichtung **24** bzw. das Hubgestänge **25** wird ein Biegemoment im Probekörper **15** erzeugt.

[0050] Andererseits erfolgt die Krafteinleitung durch den Linearantrieb **13c**, der in seiner Funktion dem zweiten Linearantrieb **13b** gemäß Fig. 1 entspricht und der Überlagerung des Biegemoments durch eine Axialkraft dient. Der Linearantrieb **13c** greift am Drehantrieb **11**, insbesondere an einem Gestell oder Gehäuse oder an einer anderen für die Krafteinleitung geeigneten Komponente des Drehantriebs **11** an und leitet über diesen eine Axialkraft (Zugkraft/Druckkraft) in den Probekörper **11** ein. Dazu ist der zusammen mit dem ersten Haltemittel **10a** um die Schwenkachse S schwenkbare Drehantrieb **11** entlang der Drehachse D verschieblich, bzw. parallel zur Drehachse verschieblich. Der Linearantrieb **13c** ist durch eine Feder mit dem Drehantrieb **11** gekoppelt.

[0051] Optional können beide Prüfstände gemäß Fig. 1, Fig. 2 jeweils eine Biegemomentmesseinheit **27** aufweisen, die beispielsweise dem ersten Haltemittel **10a** zugeordnet ist.

Bezugszeichenliste

10a	1. Haltemittel
10b	2. Haltemittel
11	Drehantrieb
12	Belastungseinrichtung
13a	1. Linearantrieb
13b	2. Linearantrieb
14a	1. Hebelelement
14b	2. Hebelelement
15	Probekörper
16	Drehspindel
17	Gehäuse
18	Spannzeug
19	Spindellagerung
20	Lagerbock
21	Schwenklager
22a, 22b	Spindel
23	Feder
24	Hubeinrichtung
25	Hubgestänge
26	Feder
27	Messeinheit
D	Drehachse
S	Schwenkachse

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- FR 2411403 [**0001**, **0005**]
- DE 4323718 C2 [**0002**]
- FR 2247139 [**0003**]
- WO 2007/042275 A1 [**0004**]

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Prüfung der Betriebsfestigkeit eines Körpers mit
– Haltemitteln (**10a**, **10b**) zur drehbaren Lagerung des Körpers um eine Drehachse, wobei wenigstens ein erstes Haltemittel (**10a**), insbesondere ein erstes und ein zweites Haltemittel (**10a**, **10b**) jeweils aus einer mit der Drehachse fluchtenden Ruhestellung in eine ausgelenkte Prüfbetriebsstellung um eine Schwenkachse schwenkbar ist,
– wenigstens einem Drehantrieb (**11**) zur Erzeugung einer Drehbewegung des Körpers um die Drehachse und
– einer Belastungseinrichtung (**12**) zur Einleitung einer Prüflast in den Körper,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Belastungseinrichtung (**12**) wenigstens einen ersten Linearantrieb (**13a**) aufweist, der zur Erzeugung einer parallel zur Drehachse wirkenden ersten Axialkraft ausgebildet ist, und das erste schwenkbare Haltemittel (**10a**) ein erstes Hebelelement (**14a**) aufweist, das mit dem ersten Linearantrieb (**13a**) verbunden ist derart, dass in den Körper ein Biegemoment, insbesondere ein mit einer Axialkraft kombiniertes Biegemoment einleitbar ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Belastungseinrichtung (**12**) wenigstens einen zweiten Linearantrieb (**13b**) aufweist, der zur Erzeugung einer parallel zur Drehachse wirkenden zweiten Axialkraft ausgebildet und mit dem ersten und/oder zweiten Halteelement (**10a**, **10b**) verbunden ist derart, dass in den Körper eine das Biegemoment überlagernde, insbesondere variabel einstellbare, Axialkraft unabhängig vom Biegemoment einleitbar ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Haltemittel (**10b**) ein zweites Hebelelement (**14b**) aufweist.

4. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Linearantrieb (**13a**) mit dem zweiten Haltemittel (**10b**), insbesondere mit dem zweiten Hebelelement (**14b**) verbunden ist.

5. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Linearantrieb (**13b**) mit dem ersten Hebelelement (**14a**) des ersten Haltemittels (**10a**) verbunden ist, wobei die Drehachse zwischen den Verbindungen des ersten Hebelelements (**14a**) mit dem ersten und zweiten Linearantrieb (**13a**, **13b**) angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Linearantrieb (**13b**) mit dem zweiten Hebelelement (**14b**) des zweiten Haltemittels (**10b**) verbunden ist.

7. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Linearantriebe (**13a**, **13b**) im Wesentlichen parallel zur Drehachse angeordnet sind und mit den Hebelelementen (**14a**, **14b**) ein Gestänge bilden, das die Drehachse umgibt.

8. Vorrichtung zur Prüfung der Betriebsfestigkeit eines Körpers mit
– einem ersten und zweiten Haltemittel (**10a**, **10b**) zur drehbaren Lagerung des Körpers um eine Drehachse, die jeweils aus einer mit der Drehachse fluchtenden Ruhestellung in eine ausgelenkte Prüfbetriebsstellung um eine Schwenkachse schwenkbar sind,
– wenigstens einem Drehantrieb (**11**) zur Erzeugung einer Drehbewegung des Körpers um die Drehachse, der mit einem der Haltemittel (**10a**, **10b**) verbunden ist und
– einer Belastungseinrichtung (**12**) zur Einleitung einer Prüflast in den Körper umfassend
– ein Hubgestänge (**25**) zur Einleitung eines Biegemoments, das an den Haltemitteln (**10a**, **10b**) senkrecht zur Drehachse angreift derart, dass die Haltemittel (**10a**, **10b**) aus der Ruhestellung in die Prüfbetriebsstellung auslenkbar sind,
– und wenigstens einen Linearantrieb (**13c**) zur Einleitung einer Axialkraft, die dem Biegemoment überlagerbar ist, wobei der Linearantrieb (**13c**) vom Hubgestänge (**25**) gesondert, insbesondere in Richtung der Drehachse entfernt angeordnet ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Linearantrieb (**13c**) mit dem Drehantrieb (**11**) zur Übertragung der Axialkraft verbunden ist, wobei der Drehantrieb (**11**) axial entlang der Drehachse verschieblich ist.

9. Verfahren zur Prüfung der Betriebsfestigkeit eines Körpers, bei dem der Körper eingespannt, mit einer Prüflast beaufschlagt und gleichzeitig um eine Drehachse gedreht wird, dadurch gekennzeichnet, dass zum Aufbringen der Prüflast wenigstens eine parallel zur Drehachse wirkende erste Axialkraft erzeugt wird, die mit einem Hebelelement (**14a**) zusammenwirkt und ein Biegemoment, insbesondere ein mit einer Axialkraft kombiniertes Biegemoment, im Körper erzeugt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zum Aufbringen der Prüflast wenigstens eine parallel zur Drehachse wirkende zweite, insbesondere variabel einstellbare, Axialkraft erzeugt wird, die dem Biegemoment überlagert wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

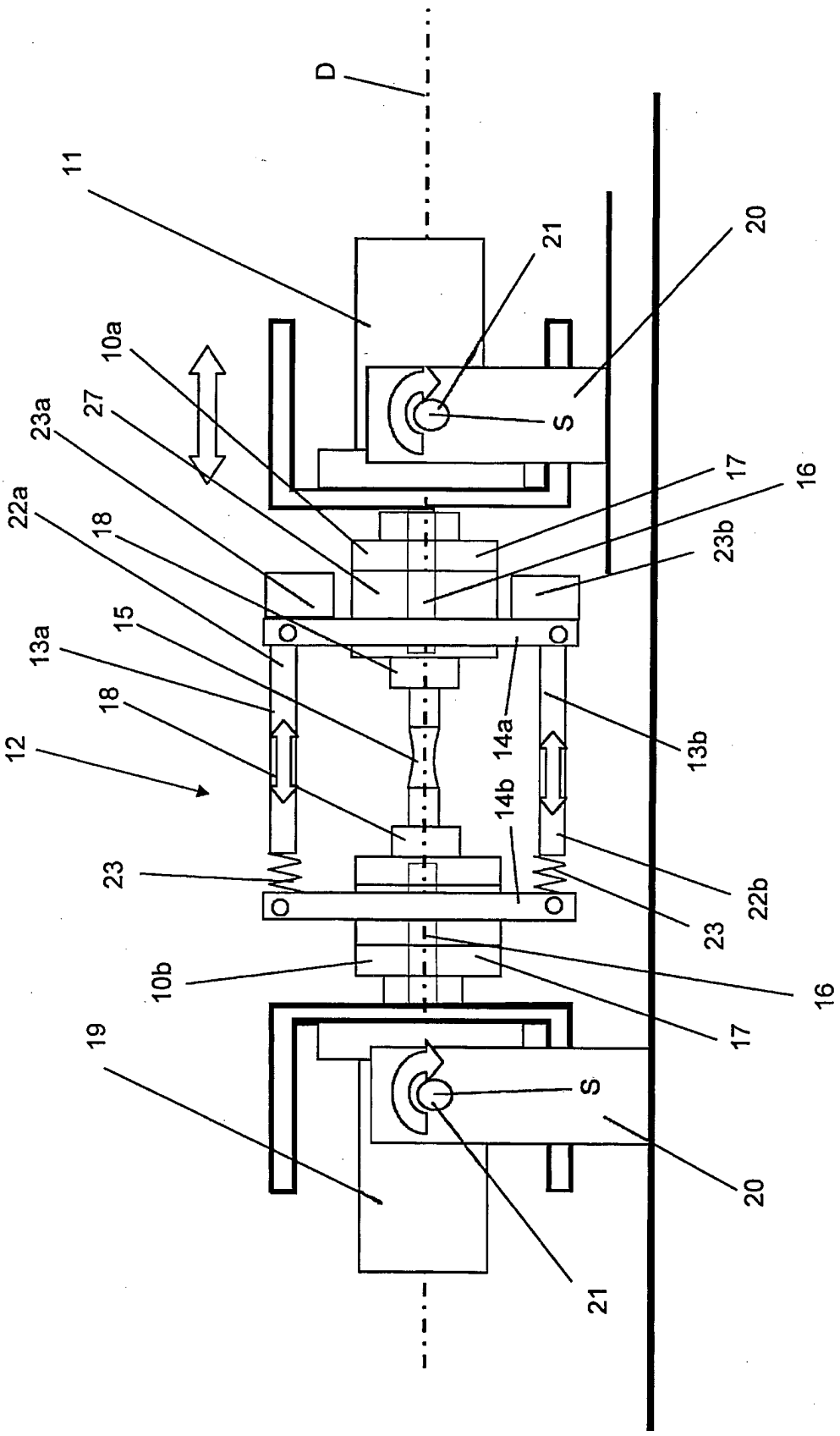


Fig. 1

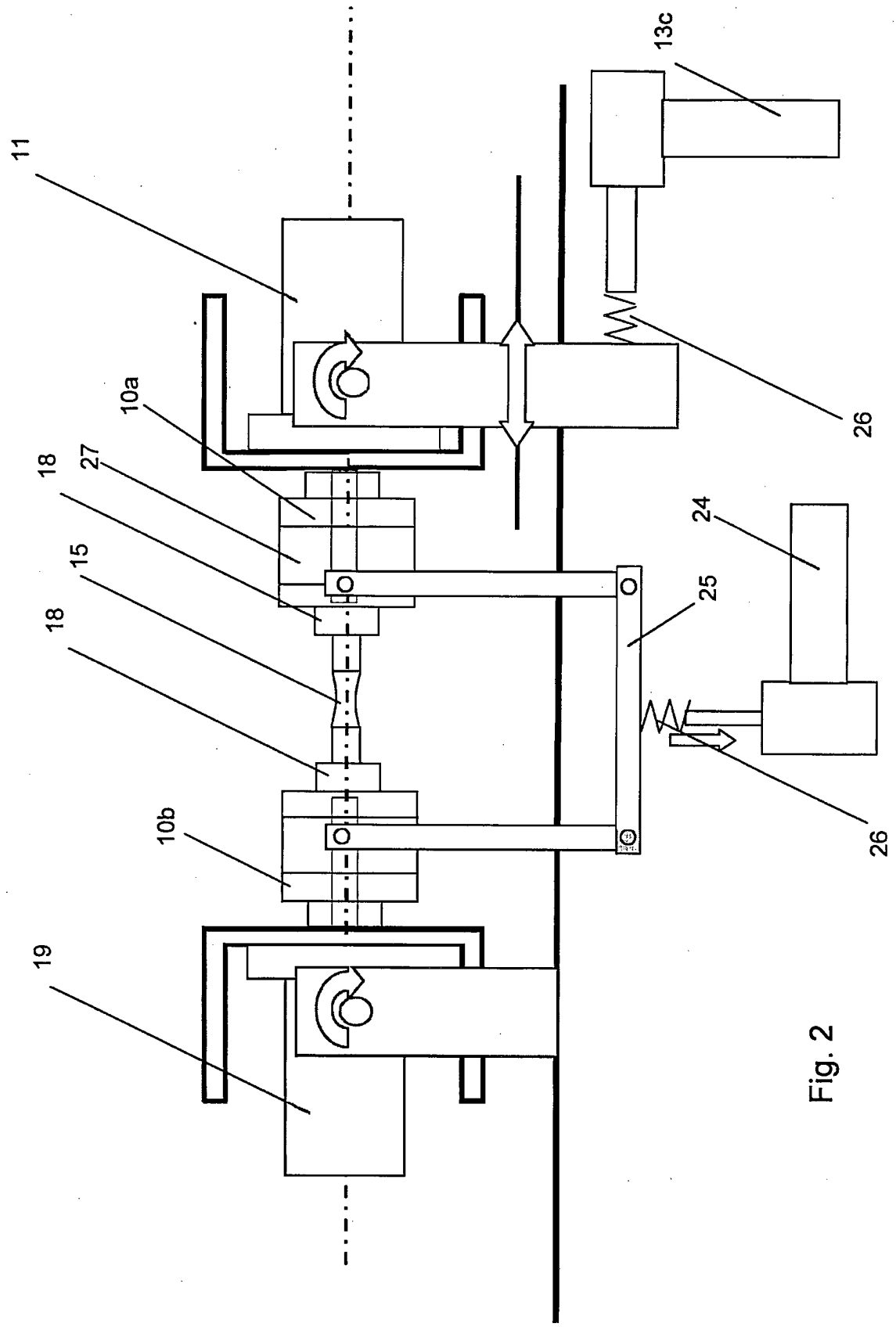


Fig. 2