



(10) **DE 10 2013 003 691 B4** 2015.05.07

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 003 691.7**
(22) Anmeldetag: **04.03.2013**
(43) Offenlegungstag: **04.09.2014**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **07.05.2015**

(51) Int Cl.: **G01L 25/00 (2006.01)**
G01L 1/08 (2006.01)
G01N 3/08 (2006.01)

Innerhalb von neun 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:
**Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch
das Bundesministerium für Wirtschaft und
Technologie, dieses vertreten durch den
Präsidenten der Physikalisch-Technischen
Bundesanstalt Braunschweig und Berlin, 38116
Braunschweig, DE**

(72) Erfinder:
**Kahmann, Holger, 38350 Helmstedt, DE; Kumme,
Rolf, Dr., 38176 Wendeburg, DE; Tegtmeyer, Falk
Ludwig, Dr., 38179 Schwülper, DE**

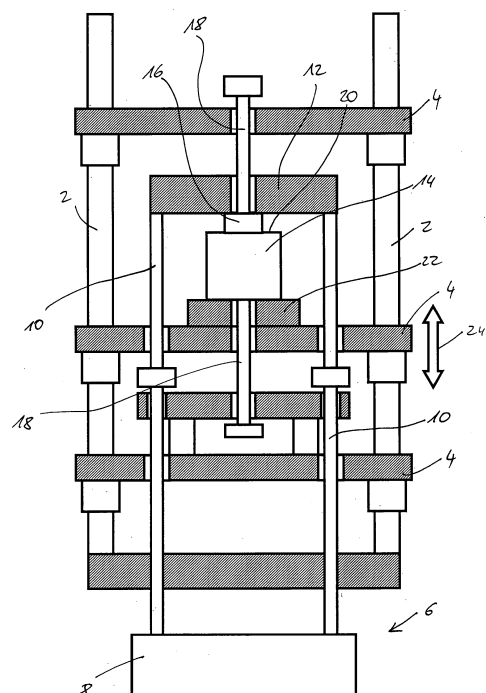
(74) Vertreter:
**GRAMM, LINS & PARTNER GbR, 38122
Braunschweig, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	600 03 744	T2
EP	0 509 133	A2

(54) Bezeichnung: **Belastungsmaschine**

(57) Hauptanspruch: Belastungsmaschine zum Aufbringen einer Kraft auf einen Belastungsgegenstand (14), wobei die Belastungsmaschine eine Kräfteerzeugungseinrichtung (6) zum Erzeugen einer einstellbaren Kraft und einen Aufnahmeraum (42) zum Aufnehmen des Belastungsgegenstandes (14) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Belastungsmaschine eine Umschalteneinrichtung aufweist, die in eine Druckstellung bringbar ist, in der die Kraft als Druckkraft auf einen in dem Aufnahmeraum (42) aufgenommenen Belastungsgegenstand (14) aufgebracht wird, und in eine Zugstellung bringbar ist, in der die Kraft als Zugkraft auf einen in dem Aufnahmeraum (42) aufgenommenen Belastungsgegenstand (14) aufgebracht wird, wobei die Belastungsmaschine wenigstens ein in einer Längsrichtung verschieblich aber feststellbar gelagertes Trageelement (4) aufweist, das in der Druckstellung und/oder der Zugstellung der Umschalteneinrichtung eine der Kraft entgegengesetzte Gegenkraft aufbringt, wobei die Umschalteneinrichtung zumindest durch Verschieben des Trageelementes (4) aus der Druckstellung in die Zugstellung oder umgekehrt bringbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Belastungsmaschine zum Aufbringen einer Kraft auf einen Belastungsgegenstand, wobei die Belastungsmaschine eine Krafterzeugungseinrichtung zum Erzeugen einer einstellbaren Kraft und einen Aufnahmeraum zum Aufnehmen des Belastungsgegenstandes aufweist. Eine gattungsgemäße Belastungsmaschine ist aus der DE 600 03 744 T2 bekannt.

[0002] Derartige Belastungsmaschinen sind insbesondere Kraftnormal-Messeinrichtungen, Kraftkontroll-Messeinrichtungen, Kalibriermaschinen oder Prüfmaschinen. Dabei gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, in der Krafterzeugungseinrichtung die benötigte Kraft zu erzeugen. Die Gängigsten sind dabei die direkte Massewirkung, bei der Masseelemente dem Schwerfeld der Erde ausgesetzt werden oder eine hydraulische Erzeugung der Kraft, wobei die durch Masseelemente erzeugte Kraft gegebenenfalls durch eine Hebelübersetzung oder eine hydraulische Übersetzung übersetzt werden kann. Die Bestimmung der aufgebrachten Kräfte kann neben der Bestimmung der bei der Erzeugung der Kraft vorhandenen Parameter auch über Referenzaufnehmer geschehen. Das genaueste Prinzip ist dabei das der direkten Massewirkung. Die Prinzipien mit hydraulischer Übersetzung oder Hebelübersetzung werden eingesetzt, um größere Kräfte zu erzeugen, als dies durch eine einfache Massewirkung möglich ist. Auch diese Prinzipien nutzen einen Massestapel, dessen Kraft dann hydraulisch oder mittels eines Hebels übersetzt wird. Darüber hinaus wird insbesondere bei der Kraftmessung mit Kraftmesseinrichtungen ein Referenzaufnehmer verwendet, der ein kalibrierter Kraftaufnehmer sein kann, so dass in diesem Fall keine Belastungskörper erforderlich sind. Die Kraft kann beispielsweise mechanisch, hydraulisch, pneumatisch oder elektrisch erzeugt werden.

[0003] Eine derartige Belastungsmaschine ist beispielsweise aus der EP 0 509 133 A2 bekannt. Ein Stapel von Messgewichten oder Masseelementen wird an einen Lastrahmen angehängt, das beispielsweise auf einen zu prüfenden Kraftaufnehmer oder ein sonstiges Werkstück oder einem anders gearteten Belastungsgegenstand angeordnet ist. Dadurch wird ein Druck auf den Belastungsgegenstand ausgeübt. Dabei befindet sich der Belastungsgegenstand in einem Druckaufnahmeraum.

[0004] Die gleiche Belastungsmaschine kann auch verwendet werden, um den Belastungsgegenstand mit Zugkräften zu belasten. Dazu muss jedoch der Belastungsgegenstand aus dem Druckaufnahmeraum in den an anderer Stelle angeordneten Zugaufnahmeraum umgesetzt werden. Herkömmlicherweise wird der Belastungsgegenstand in diesem Fall nicht von oben mit der durch die Krafterzeugungsein-

richtung erzeugten Kraft beaufschlagt, sondern diese Kraft greift unten an den Belastungsgegenstand an, so dass er unter Zug gesetzt wird. Es ist folglich nötig, das Kraftmessgerät oder die Belastungsmaschine für Zug- und Druckkalibrierungen beispielsweise von Kraftaufnehmern oder Zug- und Druckmessungen umzubauen und den Belastungsgegenstand einmal in einem Druckaufnahmeraum und einmal in einem Zugaufnahmeraum aufzunehmen. Dies ist zeitaufwändig und ermöglicht zudem keine Kalibrierung des Nulldurchgangs, bei der beispielsweise direkt von einer Druckkraft auf eine Zugkraft gewechselt wird. Dies führt zudem dazu, dass auch Hystereseeffekte um diesen Nulldurchgang nicht direkt untersucht werden können.

[0005] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine Belastungsmaschine so weiterzuentwickeln, dass diese Nachteile behoben werden.

[0006] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe durch eine Belastungsmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, die sich dadurch auszeichnet, dass die Belastungsmaschine eine Umschalteneinrichtung aufweist, die in eine Druckstellung, in der die Kraft als Druckkraft auf einen in dem Aufnahmeraum aufgenommenen Belastungsgegenstand aufgebracht wird, und in eine Zugstellung bringbar ist, in der die Kraft als Zugkraft auf einen in dem Aufnahmeraum aufgenommenen Belastungsgegenstand aufgebracht wird. Es ist somit nur noch ein einzelner Aufnahmeraum nötig, in dem sowohl Zugkräfte als auch Druckkräfte aufgebracht werden können. Dabei ist von besonderer Bedeutung, dass die einmal fest eingestellte Kraft, die von der Krafterzeugungseinrichtung erzeugt wird, dabei nicht verändert oder gar in ihrem Vorzeichen variiert werden muss. Die Krafterzeugungseinrichtung ist beim Umschalten von Zug- auf Druckkraftbelastung oder umgekehrt nicht beteiligt. Dies hat eine besonders einfache Handhabung und eine besonders gute Reproduzierbarkeit der Untersuchungen zur Folge.

[0007] Der Belastungsgegenstand kann beispielsweise auch ein Hebelarm oder ein anderes Bauteil einer Maschine zum Aufbringen eines Drehmomentes sein. Ein solches Drehmoment wird beispielsweise erzeugt, indem die beiden Hebelarme eines Hebels unterschiedlich stark belastet werden. Diese Belastung wenigstens eines der beiden Hebelarme kann durch eine hier beschriebene Belastungsmaschine erfolgen.

[0008] Erfindungsgemäß zeichnet sich die Belastungsmaschine durch ein in einer Längsrichtung verschieblich aber feststellbar gelagertes Trageelement aus, das in der Druckstellung und/oder der Zugstellung der Umschalteneinrichtung eine der Kraft entgegengesetzte Gegenkraft aufbringt, wobei die Umschalteneinrichtung durch Verschieben des Trageele-

menten aus der Druckstellung in die Zugstellung und umgekehrt bringbar ist.

[0009] Ein derartiges Trageelement kann beispielsweise als Traverse ausgebildet sein, die an einer Mehrzahl von Säulen gelagert ist und entlang dieser verschiebbar ausgebildet ist. Eine derartige Traverse ist herkömmlicherweise bei einer gattungsgemäßen Belastungsmaschine vorhanden und trägt sowohl den Aufnahmeraum als auch einen Lastrahmen, an dem beispielsweise die Masselemente zur Erzeugung der Gewichtskraft angeordnet sind. Über die Verschiebbarkeit eines Hubtisches oder einer ähnlichen Vorrichtung kann beispielsweise eingestellt werden, wie viele der miteinander verketteten Messgesichte oder Masselemente sich frei im Schwerkraftfeld der Erde befinden. Dadurch kann folglich die erzeugte Kraft eingestellt werden. Dabei wird durch das Trageelement die benötigte Gegenkraft aufgebracht, die eine Bewegung des Belastungsgegenstandes verhindert, indem das Trageelement beispielsweise an den tragenden Säulen festgelegt wird.

[0010] Anders als bei Belastungsmaschinen aus dem Stand der Technik wird bei der vorliegenden Belastungsmaschine die Umschalteneinrichtung durch das Verschieben des Trageelementes aus der Druckstellung in die Zugstellung oder umgekehrt gebracht. Dies hat zum einen zur Folge, dass dabei die von der Krafterzeugungseinrichtung erzeugte Kraft unverändert bleibt. Zum anderen ist das mechanische Verschieben des Trageelementes sehr genau und reproduzierbar möglich, so dass die aufzunehmenden Mess- oder Kalibrierkurven sehr genau und reproduzierbar aufgezeichnet werden können.

[0011] In bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung wird dies durch besondere Ausgestaltungen des Lastrahmens ermöglicht, das für die Kraftübertragung von der Krafterzeugungseinrichtung zum Aufnahmeraum zuständig ist. Damit ist es zudem besonders einfach möglich, auch Belastungsmaschinen gemäß dem Stand der Technik umzurüsten, so dass auch diese Belastungsmaschinen die Vorteile der vorliegenden Erfindung nutzen können.

[0012] Vorteilhafterweise weist die Belastungsmaschine wenigstens eine Kraftumlenkungseinrichtung auf, die derart ausgelegt und angeordnet ist, dass die Kraft in der Druckstellung und in der Zugstellung der Umschalteneinrichtung in entgegengesetzt zueinander stehenden Richtungen auf den Belastungsgegenstand aufgebracht wird. In diesem Fall ist es möglich, den Kraftangriffspunkt, an dem die erzeugte Kraft an den Belastungskörper angreift für beide Stellungen der Umschalteneinrichtung unverändert zu lassen.

[0013] In einer beispielhaften Ausgestaltung wirkt die von der Krafterzeugungseinrichtung erzeugte Kraft in der Druckstellung der Umschalteneinrichtung nach unten und greift an der Oberseite des Belastungsgegenstandes an. Dabei kann die Kraftübertragungseinrichtung, die die Kraft von der Krafterzeugungseinrichtung auf den Belastungsgegenstand überträgt, so ausgebildet sein, dass der Kraftfluss nicht durch die Kraftumlenkungseinrichtung verläuft. Wird nun die Umschalteneinrichtung beispielsweise durch Verschieben des Trageelementes aus der Druckstellung in die Zugstellung gebracht, verändert sich durch die Ausgestaltung der Kraftübertragungseinrichtung der Weg des Kraftflusses, so dass dieser nun durch die Kraftumlenkeinrichtung verläuft. Dadurch ist die erzeugte Kraft am Angriffspunkt des Belastungsgegenstandes nicht mehr nach unten sondern entgegengesetzt dazu, also nach oben gerichtet. Der Angriffspunkt selbst bleibt dabei unverändert, sodass aus einer Druckkraft eine Zugkraft geworden ist.

[0014] Natürlich sind auch alternative Ausführungsformen denkbar, bei denen beispielsweise der Kraftfluss in der Druckstellung durch die Kraftumlenkeinrichtung verläuft.

[0015] Vorteilhafterweise weist die wenigstens eine Kraftumlenkungseinrichtung wenigstens ein Luftlager oder wenigstens ein Hebeelement auf. Natürlich sind auch andere an sich aus dem Stand der Technik bekannte Möglichkeiten für Kraftumlenkungseinrichtungen denkbar. Bevorzugt verfügt die Kraftumlenkungseinrichtung über eine möglichst geringe Reibung, so dass beispielsweise auch Rollenlager oder hydraulische Lager in Frage kommen.

[0016] Wird die Kraftübertragung zwischen der Krafterzeugungseinrichtung und dem Belastungsgegenstand so ausgebildet, dass der Kraftfluss nur in der Zugstellung oder der Druckstellung durch die Kraftumlenkungseinrichtung verläuft, ist vorteilhafterweise darauf zu achten, dass im jeweils anderen Zustand, wenn also der Kraftfluss nicht durch die Kraftumlenkungseinrichtung verläuft, diese tatsächlich kraftlos ist und nicht gegebenenfalls nur einen kleinen Teil der auftretenden Kräfte überträgt.

[0017] Alternativ kann die Kraft in der Druckstellung und in der Zugstellung der Umschalteneinrichtung in der gleichen Richtung auf den Belastungsgegenstand aufgebracht werden, jedoch an unterschiedlichen Stellen an den Belastungsgegenstand angreifen. In diesem Fall ist keine Kraftumlenkungseinrichtung nötig. Vielmehr bleibt die Richtung, in der die von der Krafterzeugungseinrichtung erzeugte Kraft am Belastungsgegenstand angreift, unverändert. Dadurch, dass die Umschalteneinrichtung aus der Zugstellung in die Druckstellung oder umgekehrt gebracht wird, wird jedoch der Angriffspunkt der Kraft am Be-

lastungsgegenstand verändert. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass mechanische Bauteile in beziehungsweise außer Eingriff gebracht werden. In diesem Fall kann beispielsweise erreicht werden, dass eine nach unten wirkende Kraft nicht mehr an der Oberseite des Belastungsgegenstandes eingreift und somit als Druckkraft wirkt, sondern nun an der Unterseite des Belastungsgegenstandes angreift und als Zugkraft wirkt. Dies hat den Vorteil, dass keine Kraftumlenkungseinrichtung benötigt wird, die eine Vielzahl gegebenenfalls nur ungenau bekannter Einflussgrößen auf die tatsächlich aufgebrachte Kraft zur Folge haben. Alle Arten der Kraftumlenkung haben Einflussgrößen zur Folge, die das tatsächliche Ergebnis der aufgebrachten Kraft verfälschen können.

[0018] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Belastungsmaschine ändert sich die auf den Belastungsgegenstand aufgebrachte Kraft stufenlos wenn die Umschalteneinrichtung aus der Druckstellung in die Zugstellung oder umgekehrt gebracht wird. Wird folglich die Umschalteneinrichtung beispielsweise aus der Druckstellung in die Zugstellung gebracht, greift zunächst am Belastungsgegenstand die in der Krafterzeugungseinrichtung fest eingestellte erzeugte Kraft als Druckkraft an den Belastungsgegenstand an. Während die Umschalteneinrichtung aus der Druckstellung in die Zugstellung gebracht wird, reduziert sich die auf den Belastungsgegenstand wirkende Druckkraft kontinuierlich und stufenlos, bis der Belastungsgegenstand im Nulldurchgang nicht mehr von der erzeugten Kraft beeinflusst wird. Erst danach wird der Belastungsgegenstand wieder mit einer Kraft beaufschlagt, die nun jedoch als Zugkraft wirkt und sich kontinuierlich und stufenlos erhöht, bis die in der Krafterzeugungseinrichtung fest eingestellte erzeugte Kraft als volle Zugkraft am Belastungsgegenstand anliegt. Auf diese Weise lassen sich auch Nulldurchgänge und gegebenenfalls auftretende Hystereseeffekte bei diesem Durchgang problemlos, einfach, genau und reproduzierbar untersuchen.

[0019] Während dieses Umschaltvorganges von Zug- auf Druckbelastung oder umgekehrt wird die von der Krafterzeugungseinrichtung erzeugte Kraft nicht geändert. Es werden folglich keine Massenelemente hinzugefügt oder entfernt, die dem Schwerfeld der Erde ausgesetzt sind oder auf sonstige Weise eine Einstellung in der Krafterzeugungseinrichtung verändert, die eine Änderung der Kraft zur Folge hätte. Die stufenlose Änderung der auf den Belastungsgegenstand wirkenden Kraft wird allein durch das Umschalten der Umschalteneinrichtung hervorgerufen. Insbesondere kommt diese stufenlose Veränderung ohne eine Änderung der Einbausituation für den Kraftaufnehmer beziehungsweise den Belastungsgegenstand aus.

[0020] Vorteilhafterweise weist die Krafterzeugungseinrichtung wenigstens ein Masselement auf, das dem Schwerfeld aussetzbar ist, um die Kraft zu erzeugen. Diese Art der Krafterzeugung ist beispielsweise gegenüber der hydraulischen Art der Krafterzeugung deutlich genauer und mit weniger apparativem Aufwand verbunden. Zudem lässt sich auf diese Weise das gewünschte Messergebnis, beispielsweise die aufgebrachte Kraft, auf die Basiseinheit besonders einfach zurückführen, da nur sehr wenige Mess- und Einflussgrößen bei der Krafterzeugung eine Rolle spielen, Anders als bei der hydraulischen Krafterzeugung, bei der beispielsweise die Fließeigenschaften des verwendeten hydraulischen Mediums, die einzelnen Querschnittsflächen der verwendeten Zylinder und die aufgebrachten Drücke innerhalb der Zylinder genau bekannt sein müssen, ist bei der Krafterzeugung durch im Schwerfeld der Erde befindliche Masselemente lediglich die Masse der einzelnen Elemente und die Erdbeschleunigung zu bestimmen. Zudem muss gegebenenfalls eine Luftauftriebskorrektur berücksichtigt werden.

[0021] Vorzugsweise weist die Krafterzeugungseinrichtung wenigstens ein Hebelübersetzungselement oder eine hydraulische Übersetzung auf, um die erzeugte Kraft zu übersetzen. Dies ist insbesondere für den Fall von Vorteil, dass die zu erzeugenden Kräfte besonders groß sind und beispielsweise nicht mehr in insbesondere wirtschaftlich sinnvoller Weise durch Masselemente erzeugt werden können. Dabei ist für eine genaue Messung beziehungsweise Einstellung der aufzubringenden Kraft insbesondere die Länge der einzelnen Hebelarme genau zu bestimmen. Anstelle einer Hebelübersetzung ist auch eine hydraulische Übersetzung möglich.

[0022] Vorzugsweise handelt es sich bei dem Aufnahmeraum um eine Klimakammer, wobei eine in der Klimakammer herrschende Temperatur und/oder Luftfeuchtigkeit einstellbar ist. Derartige Klimakammern werden heute in einer Vielzahl von Belastungsmaschinen gemäß dem Stand der Technik verwendet, wenn besondere Umweltparameter, wie beispielsweise Temperatur, Luftdruck oder Luftfeuchtigkeit eingehalten werden müssen. Anders als bei Belastungsmaschinen aus dem Stand der Technik, die über zwei separate Aufnahmebereiche verfügen müssen, um Druck- und Zugkraftmessungen durchführen zu können, ist es bei einer Belastungsmaschine gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ausreichend, nur eine dieser kostspieligen, aufwändigen und empfindlichen Klimakammern vorzusehen.

[0023] Vorzugsweise verfügt die Belastungsmaschine jedoch trotzdem über einen zweiten Aufnahmebereich, wobei die von der Krafterzeugungseinrichtung erzeugte Kraft auf einen in dem zweiten Aufnahmebereich aufgenommenen Belastungsgegenstand als

Zug- oder als Druckkraft aufbringbar ist. Eine derartige Belastungsmaschine kann beispielsweise einfach dadurch hergestellt werden, dass eine Belastungsmaschine gemäß dem Stand der Technik zu einer erfindungsgemäßen Belastungsmaschine nach- und umgerüstet wird. Dazu ist es beispielsweise lediglich nötig, eine zusätzliche Traverse beispielsweise als Trageelement vorzusehen, und zudem einen speziellen Lastrahmen, der als Kraftübertragungseinrichtung von der Krafterzeugungseinrichtung zum Belastungsgegenstand wirkt, in die Belastungsmaschine gemäß dem Stand der Technik einzubauen. Mit einem derartigen Nachrüstset ist es nicht nötig, die durchaus kostspieligen und aufgrund ihrer räumlichen Größe oftmals schwer zu transportierenden Belastungsmaschinen neu anzuschaffen. Vielmehr können vorhandene Belastungsmaschinen einfach umgerüstet werden.

[0024] Mit Hilfe einer Zeichnung wird nachfolgend ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung näher erläutert. Es zeigt

[0025] Fig. 1 – die schematische Darstellung einer Belastungsmaschine gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung mit der Umschalteinrichtung in der Druckstellung,

[0026] Fig. 2 – die Belastungsmaschine aus Fig. 1 mit der Umschalteinrichtung zwischen der Druckstellung und der Zugstellung,

[0027] Fig. 3 – die Belastungsmaschine aus den Fig. 1 und Fig. 2 mit der Umschalteinrichtung in der Zugstellung,

[0028] Fig. 4 – eine Belastungsmaschine gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung mit der Umschalteinrichtung in der Druckstellung und

[0029] Fig. 5 – die Belastungsmaschine aus Fig. 4 mit der Umschalteinrichtung in der Zugstellung.

[0030] Fig. 1 zeigt die schematische Darstellung einer Belastungsmaschine gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. An zwei Säulen 2 sind drei Tragelemente 4 angeordnet, die entlang der Säulen 2 verschieblich aber feststellbar sind. Die Tragelemente 4 sind im gezeigten Ausführungsbeispiel in Form von Traversen ausgebildet. Die gezeigte Belastungsmaschine verfügt über eine Krafterzeugungseinrichtung 6, in der im gezeigten Ausführungsbeispiel über Masselemente 8, von denen nur eines schematisch dargestellt ist, eine aufzubringende Kraft erzeugt wird. Dazu können die Masselemente 8 dem Schwerfeld der Erde ausgesetzt werden. Über einen Lastrahmen 10 wird die so erzeugte Kraft auf eine erste Auflageplatte 12 übertragen, die oberhalb eines Belastungsgegenstandes 14, der bei-

spielsweise ein Messaufnehmer oder ein Prüfkörper sein kann, angeordnet ist. In der gezeigten Position liegt die erste Auflageplatte 12 auf einem Krafteinleitungsteil 16 auf, mit dem der Belastungsgegenstand 14 mit einer Zugkrafteinleitung 18 verbunden ist. Die von der Krafterzeugungseinrichtung 6 erzeugte Kraft wirkt folglich im gezeigten Ausführungsbeispiel nach unten und greift über das Krafteinleitungsteil 16 an einer Oberseite 20 des Belastungsgegenstandes 14 an. Die Kraft wirkt folglich als Druckkraft.

[0031] Der Belastungsgegenstand 14 liegt auf einer Auflage 22 auf, die auf dem mittleren Tragelement 4 aufliegt. Dieses Tragelement 4 ist in der gezeigten Position an den Säulen 2 festgelegt und bringt so die der erzeugten Kraft entgegengerichtete Gegenkraft auf.

[0032] Eine Umschalteinrichtung der Belastungsmaschine, befindet sich folglich in der Druckstellung, da die von der Krafterzeugungseinrichtung 6 erzeugte Kraft als Druckkraft auf den Belastungsgegenstand 14 wirkt. Das obere Trageelement 4 und das untere Trageelement 4 sowie die auf diesen angeordneten Aufbauten sind in der gezeigten Position kraftfrei und nicht Teil des Kraftflusses.

[0033] Zum Umschalten der Umschalteinrichtung aus der Druckstellung in die Zugstellung wird zunächst das mittlere der gezeigten Tragelemente 4, das entlang des gezeigten Doppelpfeils 24 verschieblich aber feststellbar ist, nach unten verschoben. Diese Situation ist in Fig. 2 dargestellt. Auf dem unteren der drei dargestellten Tragelemente 4 ist auf zwei Stützelementen 26 eine Umkoppelplatte 28 angeordnet. Das mittlere Trageelement 4 wird nun so weit abgesenkt, bis zwei untere Auflageelemente 30 auf der Umkoppelplatte 28 aufliegen. Die unteren Auflageelemente 30 sind am Lastrahmen 10 angeordnet. Gleichzeitig liegt ein oberes Auflageelement 32 auf dem oberen Trageelement 4 auf. Das obere Auflageelement 32 ist am oberen Ende der Zugkrafteinleitung 18 angeordnet.

[0034] In diesem Zustand wird eine untere Kalottenmutter 34 entlang des unteren Anteils der Zugkrafteinleitung 18 nach oben verschoben, wie dies durch den Doppelpfeil 36 dargestellt ist. Dabei befindet sich die untere Kalottenmutter 34 nun kurz vor einer Unterseite der Umkoppelplatte 28.

[0035] Um nun den Belastungsgegenstand 14 auf Zug zu belasten, wird das untere Trageelement 4 weiter abgesenkt.

[0036] Diese Situation ist in Fig. 3 dargestellt. Das untere Trageelement 4 ist entlang des Doppelpfeils 38 weiter abgesenkt worden, wodurch auch die Stützelemente 26 mit abgesenkt werden. Die Umkoppelplatte 28 liegt nun auf der unteren Kalottenmut-

ter **34** auf und trägt über die unteren Auflageelemente **30**, die auf der Umkoppelplatte **28** aufliegen, den Lastrahmen **10** und damit die Masselemente **8** der Krafterzeugungseinrichtung **6**. Die in der Krafterzeugungseinrichtung **6** erzeugte Kraft wirkt somit weiterhin nach unten, greift jedoch über den Lastrahmen **10**, die unteren Auflageelemente **30**, die Umkoppelplatte **28**, die untere Kalottenmutter **34** und den unteren Anteil der Zugkrafteinleitung **18** an einer Unterseite **40** des Belastungsgegenstandes **14** an. Sie wirkt folglich als Zugkraft. Die erforderliche Gegenkraft wird über das obere Auflageelement **32** am oberen Ende der Zugkrafteinleitung **18**, das auf dem oberen Trageelement **4** aufliegt, übertragen, da dieses Trageelement **4** fest mit den Säulen **2** verbunden ist.

[0037] Die von der Krafterzeugungseinrichtung **6** erzeugte Kraft hat sich dabei nicht verändert und auch der Belastungsgegenstand **14** musste nicht aus einem Aufnahmeraum **42** entfernt werden. Dennoch konnte von Druckbelastung auf Zugbelastung umgestellt werden, wobei sich die auf den Belastungsgegenstand **14** wirkende Kraft verändert.

[0038] Fig. 4 zeigt eine Belastungsmaschine gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Auch diese verfügt über zwei Säulen **2**, an denen ein verschiebliches aber feststellbares Trageelement **4** angeordnet ist. Im gezeigten Zustand wird der Belastungsgegenstand **14**, der sich im Aufnahmeraum **42** befindet, mit einer Druckkraft belastet. Die Krafterzeugungseinrichtung **6** verfügt wieder über mehrere Masselemente **8**, die dem Schwerkraftfeld der Erde aussetzbar sind, so dass die Gewichtskraft über den Lastrahmen **10** und die Umkoppelplatte **28** auf die erste Auflageplatte **12** aufbringbar ist, die auf dem Krafteinleitungsteil **16** aufliegt und so die in der Krafterzeugungseinrichtung **6** erzeugte Kraft auf den Belastungsgegenstand **14** aufbringt. Dieser liegt wieder auf der Auflage **22** auf, die auf dem Trageelement **4** aufliegt, das an den Säulen **2** festgelegt ist und somit die erforderliche Gegenkraft aufbringt.

[0039] Wird nun das bewegliche aber feststellbare Trageelement **4** aus der in Fig. 4 gezeigten Position nach unten verschoben, erreicht man die in Fig. 5 gezeigte Situation. Durch die Absenkung des Trageelementes **4** liegt der Belastungsgegenstand **14** nicht mehr auf der Auflage **22** auf. Vielmehr hängt sowohl der untere Teil des Lastrahmens **10** mit den daran befestigten Masselementen **8** als auch die erste Auflageplatte **12** mit dem daran befestigten oberen Anteil des Lastrahmens **10** und der Umkoppelplatte **28** an zwei Kraftumlenkungseinrichtungen **44**. Dazu werden beispielsweise Metallbänder **46** verwendet. Die Kraftumlenkungseinrichtungen **44** sind im gezeigten Ausführungsbeispiel als Luftlager dargestellt, können jedoch auch in anderen Ausführungsformen, beispielsweise als hydraulische Lager, Rol-

lenlager oder Hebelemente ausgebildet sein. Vorteilhaft ist, wenn die Kraftumlenkungseinrichtungen **44** über eine möglichst geringe Reibung verfügen.

[0040] Durch die Masselemente **8** der Krafterzeugungseinrichtung **6** wird weiterhin eine Kraft erzeugt, die zunächst nach unten gerichtet ist. In den jeweiligen äußeren Anteilen der Metallbänder **46** wirkt diese Kraft folglich nach unten. In den Kraftumlenkungseinrichtungen **44** wird die Kraft umgelenkt, so dass sie in den inneren Anteilen der Metallbänder **46** nach oben wirkt. Diese sind mit der ersten Auflageplatte **12** verbunden, an der das obere Auflageelement **32** am oberen Ende der Zugkrafteinleitung **18** anliegt. Die von der Krafterzeugungseinrichtung **6** erzeugte nach unten wirkende Kraft wirkt folglich über die Metallbänder **46**, die Kraftumlenkungseinrichtungen **44**, die erste Auflageplatte **12** und das obere Auflageelement **32** mit der Zugkrafteinleitung **18** auf die Oberseite **20** des Belastungsgegenstandes **14**. Da die Kraft in diesem Punkt nach oben gerichtet ist, handelt es sich um eine Zugkraft. Die benötigte Gegenkraft wird durch die untere Kalottenmutter **34**, die am Trageelement **4** anliegt, übertragen. Dieses Trageelement **4** ist an den Säulen **2** festgelegt.

[0041] In dem in den Fig. 4 und Fig. 5 gezeigten Ausführungsbeispiel der Belastungsmaschine kann folglich durch das einfache Absenken eines Trageelementes **4** der Belastungsgegenstand **14** aus einer Druckbelastung (siehe Fig. 4) in eine Zugbelastung (siehe Fig. 5) überführt werden. Die Handhabung ist folglich einfacher als die der Belastungsmaschine gemäß dem Ausführungsbeispiel aus den Fig. 1 bis Fig. 3. Nachteilig ist jedoch, dass durch die Kraftumlenkungseinrichtungen **44** eine Vielzahl neuer Einflussgrößen entsteht, die für eine exakte Messung der auf den Belastungsgegenstand **14** aufgebrauchten Kraft genau bekannt und gut kalibriert werden müssen. Je nach verwendeter Kraftumlenkungseinrichtung **44** können dies beispielsweise die Länge von verwendeten Hebelarmen, Fluiditäten und Volumina sowie Querschnittsflächen von hydraulischen Zylindern oder Reibungskoeffizienten von verwendeten Lagern sein.

[0042] In den gezeigten Darstellungen wird als Krafterzeugungseinrichtung **6** immer die Krafterzeugung durch direkte Massewirkung dargestellt. Natürlich können hier auch andere Krafterzeugungseinrichtungen, wie beispielsweise hydraulische Systeme, Spindelsysteme oder pneumatische Systeme oder ähnliches, verwendet werden. Zusätzlich kann natürlich eine hydraulische Übersetzung oder eine Hebelübersetzung von einer mit Belastungskörpern im Schwerkraftfeld der Erde erzeugten Kraft erfolgen, um insbesondere große Kräfte realisieren zu können.

[0043] Insbesondere bei der Belastungsmaschine gemäß dem Ausführungsbeispiel in den Fig. 4 und

Fig. 5 ist es von Vorteil, darauf zu achten, dass die Metallbänder **46** in der Situation, in der der Belastungsgegenstand **14** einer Druckkraft ausgesetzt ist (siehe **Fig. 4**), kraftfrei sind. Dazu kann beispielsweise am oberen Teil des Lastrahmens **10** oder innerhalb der ersten Auflageplatte **12** ein Ansatz vorgesehen sein, der dafür sorgt, dass eine Kraftübertragung von dem jeweiligen Bauteil (Lastrahmen **10** oder erste Auflageplatte **12**) auf das jeweilige Metallband **46** erst mit dem Absenken des Trageelementes **4** erfolgt.

Bezugszeichenliste

2	Säule
4	Tragelement
6	Krafterzeugungseinrichtung
8	Masselement
10	Lastrahmen
12	Erste Auflageplatte
14	Belastungsgegenstand
16	Krafteinleitungsteil
18	Zugkrafteinleitung
20	Oberseite
22	Auflage
24	Doppelpfeil
26	Stützelement
28	Umkoppelplatte
30	Unteres Auflageelement
32	Oberes Auflageelement
34	Untere Kalottenmutter
36	Doppelpfeil
38	Doppelpfeil
40	Unterseite
42	Aufnahmeraum
44	Kraftumlenkungseinrichtung
46	Metallband

Patentansprüche

1. Belastungsmaschine zum Aufbringen einer Kraft auf einen Belastungsgegenstand (**14**), wobei die Belastungsmaschine eine Krafterzeugungseinrichtung (**6**) zum Erzeugen einer einstellbaren Kraft und einen Aufnahmeraum (**42**) zum Aufnehmen des Belastungsgegenstandes (**14**) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Belastungsmaschine eine Umschalteinrichtung aufweist, die in eine Druckstellung bringbar ist, in der die Kraft als Druckkraft auf einen in dem Aufnahmeraum (**42**) aufgenommenen Belastungsgegenstand (**14**) aufgebracht wird, und in eine Zugstellung bringbar ist, in der die Kraft als Zugkraft auf einen in dem Aufnahmeraum (**42**) aufgenommenen Belastungsgegenstand (**14**) aufgebracht wird, wobei die Belastungsmaschine wenigstens ein in einer Längsrichtung verschieblich aber feststellbar gelagertes Trageelement (**4**) aufweist, das in der Druckstellung und/oder der Zugstellung der Umschalteinrichtung eine der Kraft entgegengesetzte

Gegenkraft aufbringt, wobei die Umschalteinrichtung zumindest durch Verschieben des Trageelementes (**4**) aus der Druckstellung in die Zugstellung oder umgekehrt bringbar ist.

2. Belastungsmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Belastungsmaschine wenigstens eine Kraftumlenkungseinrichtung (**44**) aufweist, die derart ausgelegt und angeordnet ist, dass die Kraft in der Druckstellung und in der Zugstellung der Umschalteinrichtung in entgegengesetzt zueinander stehenden Richtungen auf den Belastungsgegenstand (**14**) aufgebracht wird.

3. Belastungsmaschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraftumlenkungseinrichtung (**44**) wenigstens ein Luftlager oder Hebelelement aufweist.

4. Belastungsmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraft in der Druckstellung und in der Zugstellung der Umschalteinrichtung in der gleichen Richtung auf den Belastungsgegenstand (**14**) aufgebracht wird, jedoch an unterschiedlichen Stellen an dem Belastungsgegenstand (**14**) angreift.

5. Belastungsmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die auf den Belastungsgegenstand (**14**) aufgebrauchte Kraft stufenlos ändert wenn die Umschalteinrichtung aus der Druckstellung in die Zugstellung oder umgekehrt gebracht wird.

6. Belastungsmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Krafterzeugungseinrichtung (**6**) wenigstens ein Masselement (**8**) aufweist, das dem Schwerfeld aussetzbar ist, um die Kraft zu erzeugen.

7. Belastungsmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Krafterzeugungseinrichtung (**6**) wenigstens ein Hebelübersetzungselement oder eine hydraulische Übersetzung aufweist, um die erzeugte Kraft zu übersetzen.

8. Belastungsmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Aufnahmeraum (**42**) eine Klimakammer ist, wobei eine in der Klimakammer herrschende Temperatur und/oder Luftfeuchtigkeit einstellbar ist.

9. Belastungsmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Belastungsmaschine einen zweiten Aufnahmeraum aufweist, wobei die von der Krafterzeugungseinrichtung (**6**) erzeugte Kraft auf einen in dem zweiten Aufnahmeraum aufgenommenen Belastungsgegen-

stand (14) als Zug- oder als Druckkraft aufbringbar
ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

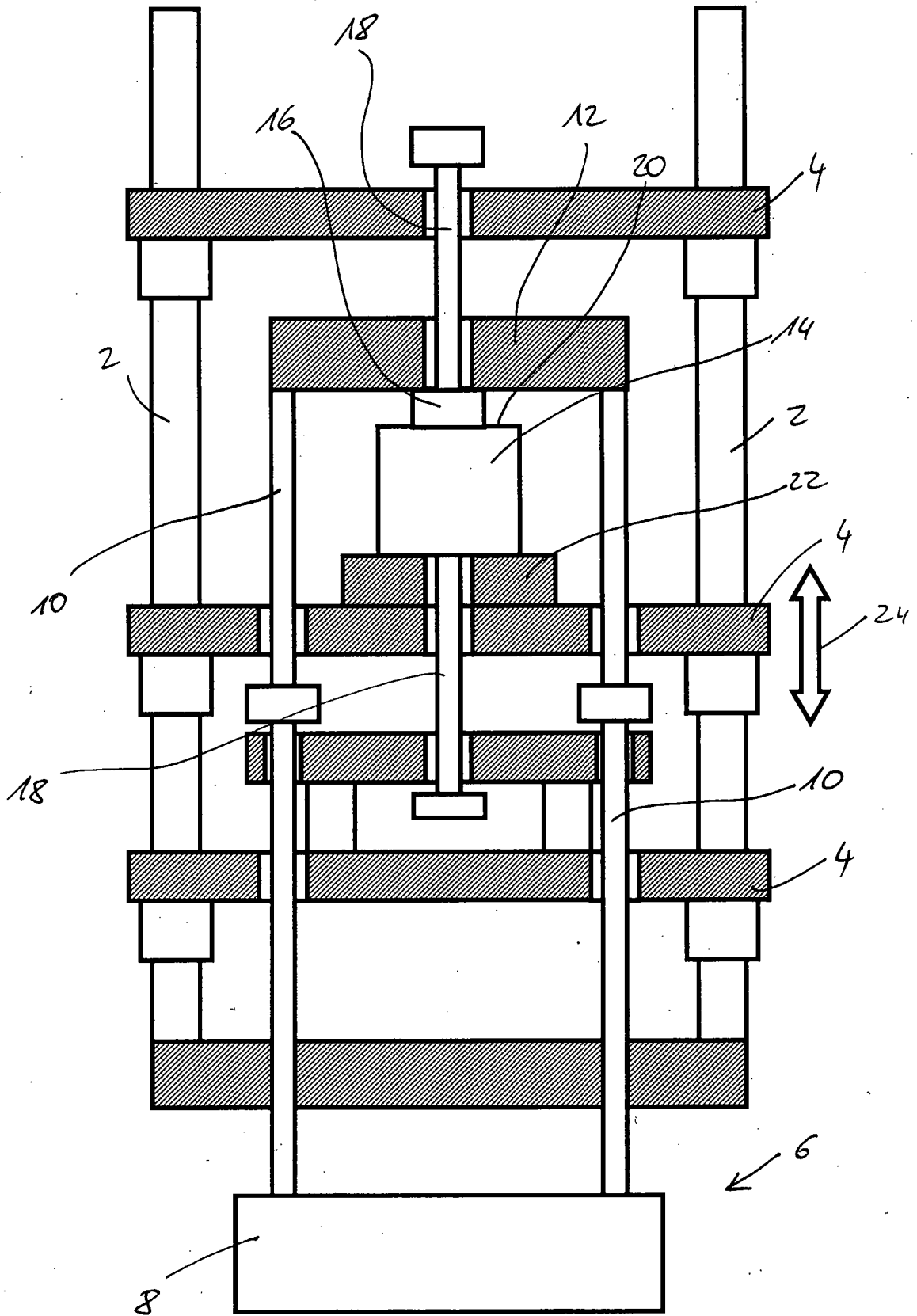


Fig. 1

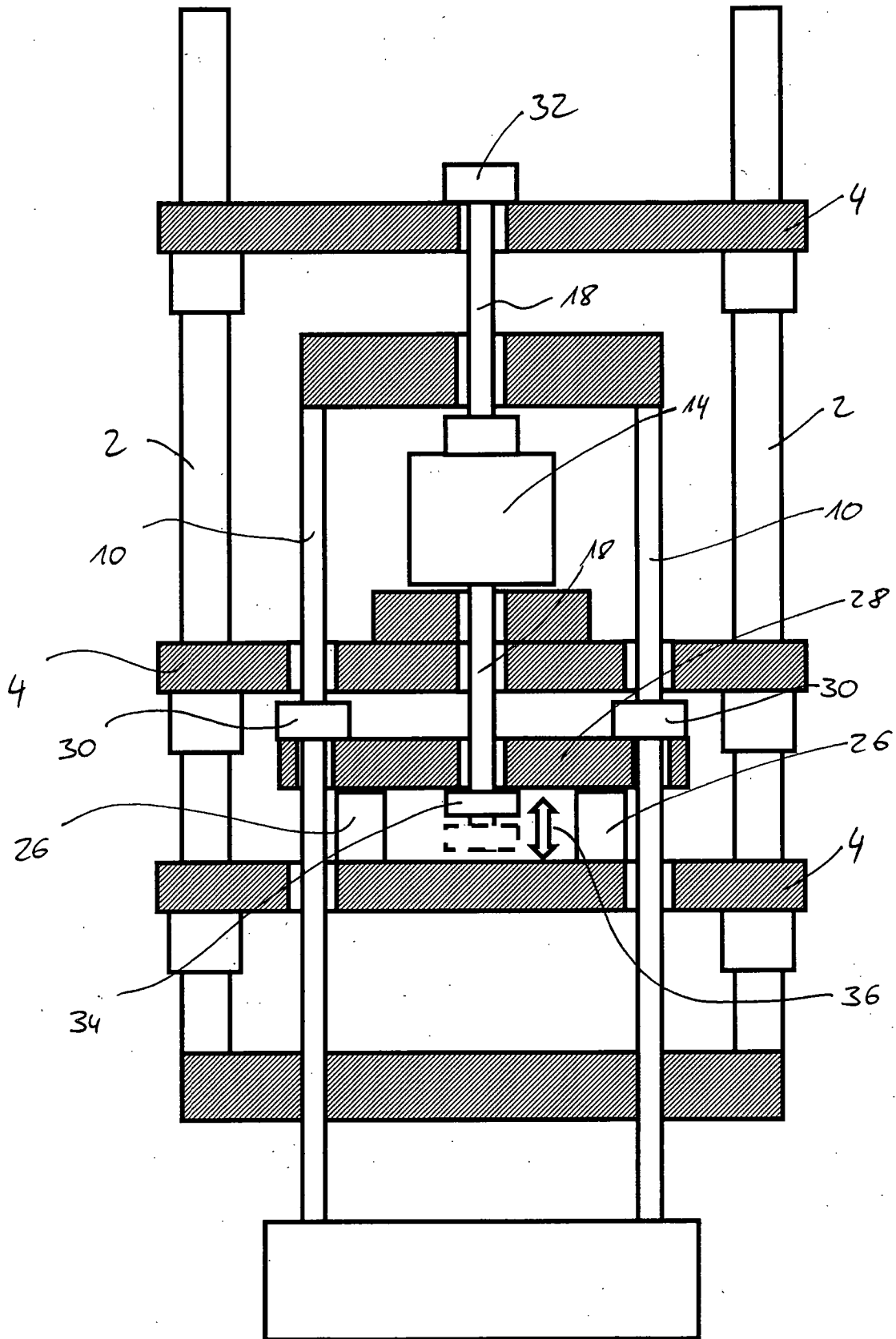


Fig. 2

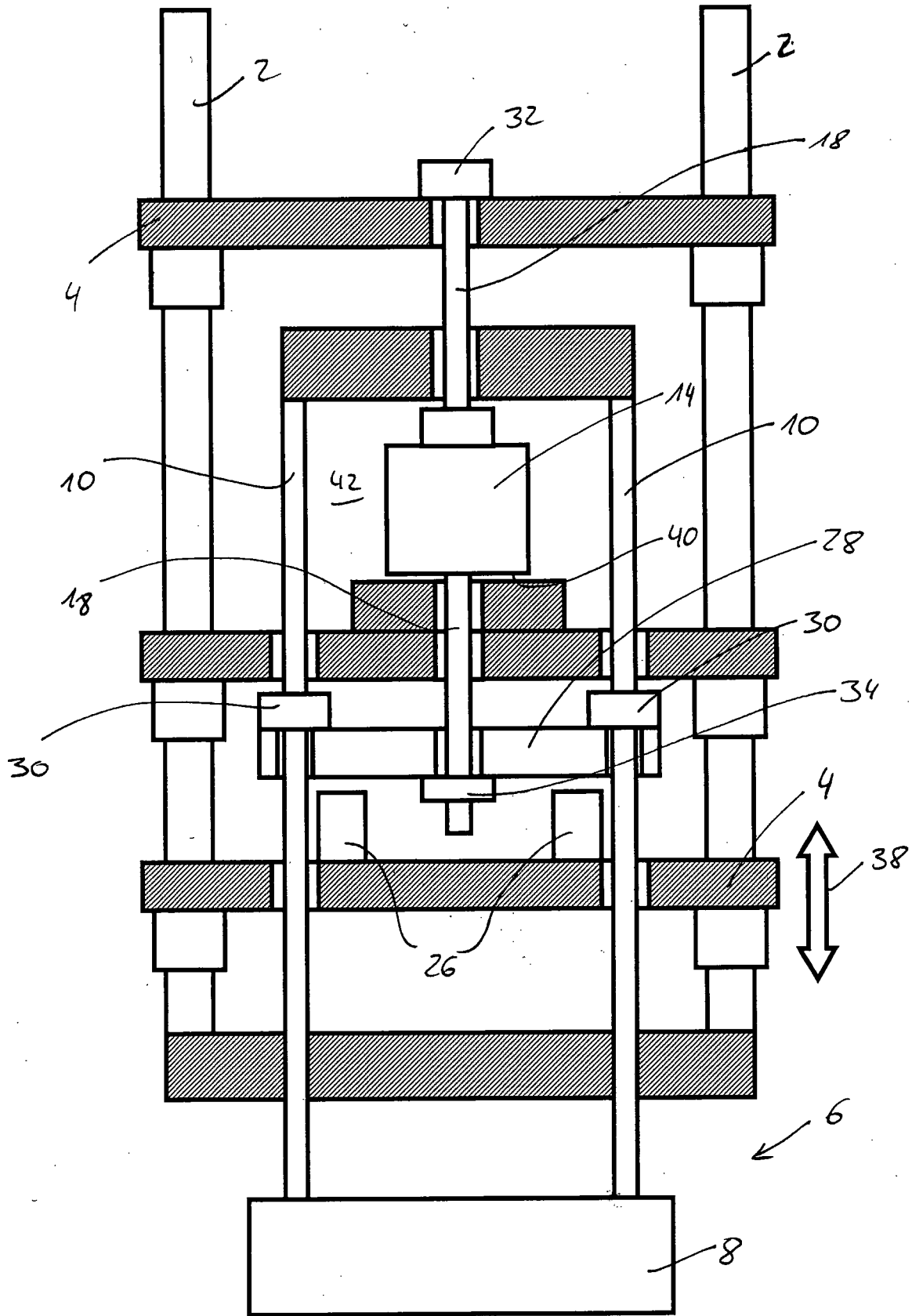


Fig. 3

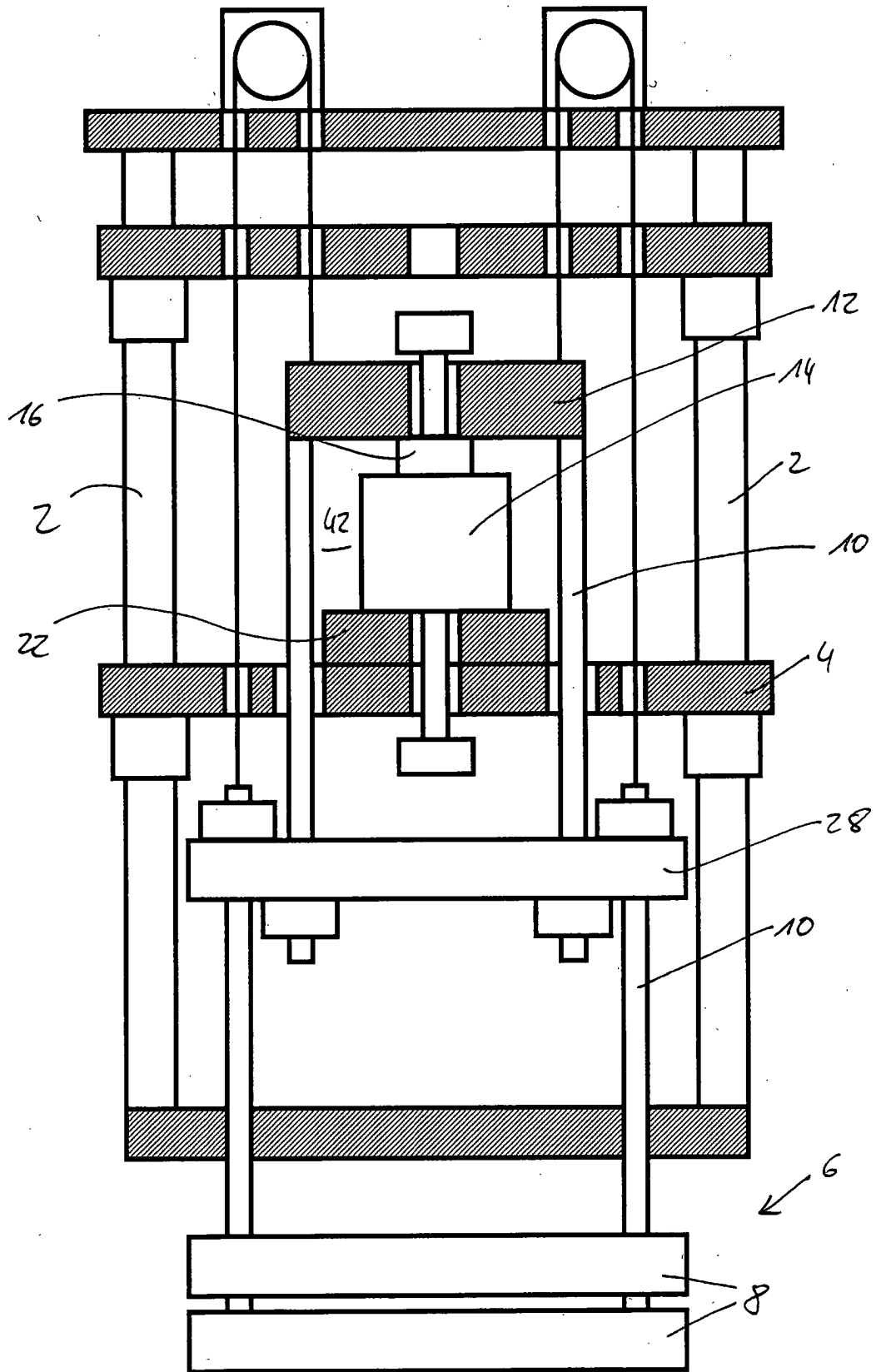


Fig. 4

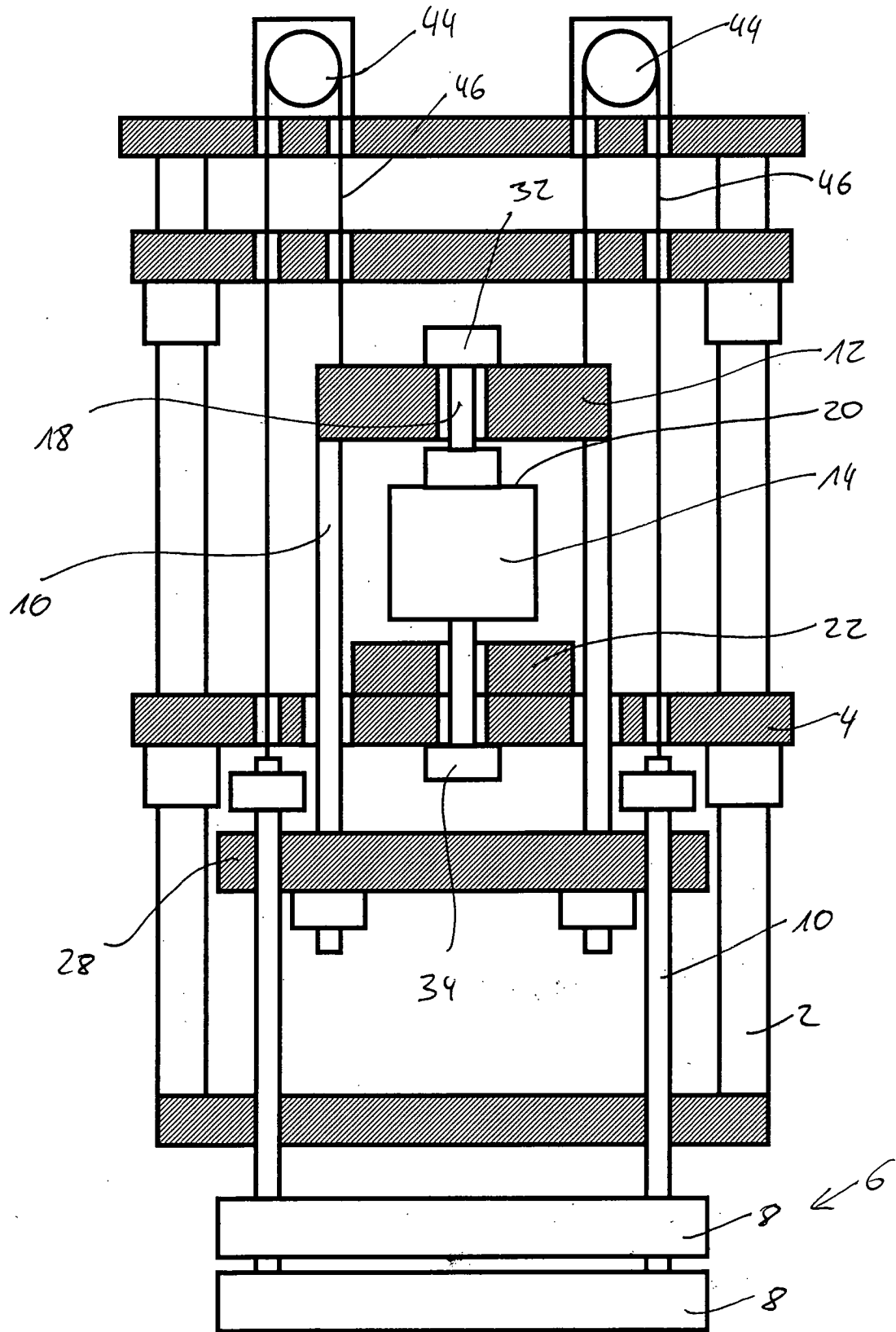


Fig. 5