



(10) **DE 10 2012 204 784 A1** 2013.09.26

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 204 784.0**

(22) Anmeldetag: **26.03.2012**

(43) Offenlegungstag: **26.09.2013**

(51) Int Cl.: **F16H 25/22 (2012.01)**
H02K 7/06 (2012.01)

(71) Anmelder:
**Continental Teves AG & Co. OHG, 60488,
Frankfurt, DE**

(72) Erfinder:
Deichmann, Johannes, 36199, Rotenburg, DE

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

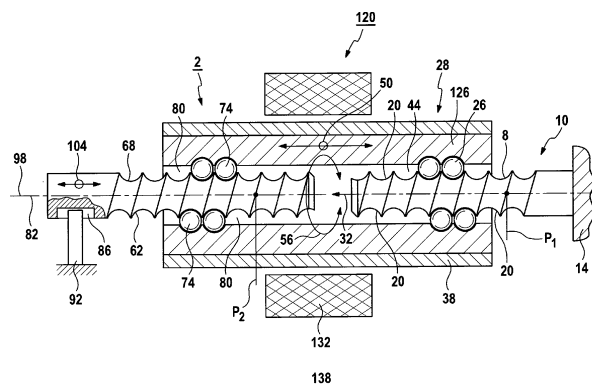
DE	195 19 310	A1
DE	10 2006 014 834	A1
DE	11 2005 000 108	T5
DE	11 2006 001 101	T5
US	5 899 114	A
US	3 202 009	A

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Spindeltrieb und zugehöriger Aktuator**

(57) Zusammenfassung: Ein Spindeltrieb (2) soll bei einem besonders robusten Aufbau im Gegensatz zu konventionellen Spindeltrieben größere Übersetzungen darstellen können und sich für die Integration in einen Elektromotor eignen. Dazu umfasst der Spindeltrieb (2) eine Festspindel (8) mit einem ersten (10) und einem zweiten (28) Endabschnitt, wobei der erste Endabschnitt (10) an einer festen Basis (14) fixiert ist und wobei die Festspindel (8) eine schraubenförmige Laufrille (20) mit einer Feststeigung (P_1) aufweist, und eine gegen Rotation gesicherte, dem zweiten Endabschnitt (28) auf einer gemeinsamen Achse (82) folgenden axial verschiebbare Hubspindel (62) mit einer schraubenförmigen Laufrille (68) mit einer Hubsteigung (P_2), und eine auf beiden Spindeln (8, 62) gelagerte Doppelspindelmutter (38), wobei durch die jeweilige Laufrille (20, 68) und die Doppelspindelmutter (38) jeweils eine schraubenförmige Umlaufbahn (44, 80) im Sinne eines Umlauftriebs für kugelförmige Walzkörper (26, 74) gebildet ist, und wobei eine Rückführungseinrichtung für die Walzkörper vorgesehen ist, und wobei die Feststeigung (P_1) und die Hubsteigung (P_2) betragsmäßig unterschiedlich groß gewählt sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Spindeltrieb und einen zugehörigen Aktuator.

[0002] Spindeltriebe und zugehörige Aktuatoren finden beispielsweise in integrierten elektromechanisch-hydraulischen Bremssystemen, insbesondere in Automobilen, Verwendung, in denen sie durch Antrieb eines Kolbens zur zentralen Druckversorgung und Volumenstromversorgung genutzt werden. Durch Ankopplung eines Elektromotors, insbesondere eines EC-Motors bzw. einer bürstenlosen Gleichstrommaschine, kann ein Linear-Aktuator zum Antrieb des Kolbens bereitgestellt werden.

[0003] Bekannte Gewinde-Planetengetriebelösungen, die auch für die oben genannten Verwendungen geeignet sind, bieten nur einen unzureichenden Wirkungsgrad, insbesondere bei großen Übersetzungen und kleinen Leistungen. Das heißt, das Grundmoment des Systems ist zu hoch.

[0004] Konventionelle Kugelumlaufspindeln als Aktuatoren können keine beliebig hohen Übersetzungen abbilden, da sonst die umlaufende Nut keine zur Übertragung von größeren Kräften ausreichende Schulterhöhe mehr ausbilden kann. Dies rührt daher, dass die Übersetzung eines Spindeltriebs von der Steigung abhängig ist. Als maximale Breite einer Führungsbahn, in der die Kugel geführt werden kann, steht der Betrag der Steigung zur Verfügung. Zum Beispiel stehen bei 5 mm Steigung pro Umdrehung 5 mm zur Verfügung, bei 0,5 mm Steigung nur noch 0,5 mm.

[0005] Nun ist die Übersetzung bei der Steigung von 0,5 mm im Vergleich zur Steigung von 5 mm um den Faktor 10 höher. Damit sind aber auch die axial abstützenden Kräfte auch um den Faktor 10 höher. Eine maximal mögliche Nuttiefe als $0,5 \cdot$ Kugeldurchmesser unterstellt, ergibt sich bei einer Steigung von 0,5 mm und 0,5 mm Kugeln bei halbkreisförmiger Nut eine Tiefe von 0,25 mm. Bei der 5 mm Steigung sind mit gleichem Ansatz 2,5 mm tiefe Nuten und 5 mm Kugeln möglich. Einer deutlich höheren Belastung stehen also deutlich ungünstigere Abstützbedingungen entgegen. Die Spannungen im Material wären somit sehr viel höher. Die oben genannte tragende Schulterhöhe entspricht dabei ungefähr der Nuttiefe.

[0006] Ein differentieller Spindeltrieb, der für die oben genannten Anwendungen geeignet ist, ist in der US 5,899,114 offenbart. Dabei sind zwei ineinander geschachtelte Spindelmuttern vorgesehen, wobei die innere Spindelmutter auch als Spindel fungiert, so dass sich ein recht komplizierter und toleranzempfindlicher Aufbau ergibt. Schwergängigkeiten des Spindeltriebs, gekoppelt mit erhöhtem Verschleiß, treten in der Folge auf.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, einen Spindeltrieb bereitzustellen, der bei einem besonders robusten Aufbau im Gegensatz zu konventionellen Spindeltrieben größere Übersetzungen darstellen kann und sich für die Integration in einen Elektromotor eignet. Weiterhin soll ein Aktuator mit einem derartigen Spindeltrieb bereitgestellt werden.

[0008] In Bezug auf den Spindeltrieb wird die oben genannte Aufgabe erfindungsgemäß gelöst mit einem Spindeltrieb umfassend eine Festspindel mit einem ersten und einem zweiten Endabschnitt, wobei der erste Endabschnitt an einer festen Basis fixiert ist und wobei die Festspindel eine schraubenförmige Laufrille mit einer Feststeigung aufweist, und eine gegen Rotation gesicherte, dem zweiten Endabschnitt auf einer gemeinsamen Achse folgenden axial verschiebbare Hubspindel mit einer schraubenförmigen Laufrille mit einer Hubsteigung, und eine auf beiden Spindeln gelagerte Doppelspindelmutter, wobei durch die jeweilige Laufrille und die Doppelspindelmuttern jeweils eine schraubenförmige Umlaufbahn im Sinne eines Umlauftriebs für kugelförmige Walzkörper gebildet ist, und wobei eine Rückführungseinrichtung für die Walzkörper vorgesehen ist, und wobei die Feststeigung (P_1) und die Hubsteigung (P_2) betragsmäßig unterschiedlich groß gewählt sind.

[0009] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0010] Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass bei einem in Bremssystemen, insbesondere elektromechanisch-hydraulischen Bremssystemen, einsetzbaren Spindeltrieb hohe Anforderungen an dessen Stabilität, Robustheit, und die Verfügbarkeit von Übersetzungen zu stellen sind. Gleichzeitig ist es aus stabilitätstechnischen und lagerungstechnischen Gründen nachteilig, viele drehbarer Komponenten vorzusehen.

[0011] Wie nunmehr erkannt wurde, lassen sich diese Anforderungen erfüllen, indem nicht nur eine Spindelmutter und eine Spindel vorgesehen sind, von denen entweder die Spindel oder die Spindelmutter axial verschiebbar gelagert ist und so eine Hubbewegung ausführen kann. Es bedarf vielmehr einer weiteren, mit diesen zwei Komponenten wechselwirkenden Komponente, durch die das System zur Bereitstellung von Übersetzungen ertüchtigt wird.

[0012] Wie weiterhin erkannt wurde, lässt sich ein robuster Spindeltrieb mit eben diesen Eigenschaften realisieren, indem eine weitere Spindel fest eingebaut wird und sich auf diese Weise weder axial noch radial bewegt, wobei die Spindelmutter dann drehbar auf dieser fixen bzw. festen Spindel und der Spindel, die für den Hub verantwortlich ist, gelagert wird.

[0013] Bei einer Rotation der Doppelspindelmutter verschiebt sich diese axial auf der fest eingebauten Fixierspindel, wodurch sich eine erste axiale Verschiebung des Systems aus Doppelspindelmutter und Hubspindel ergibt. Aufgrund der Drehung der Doppelmutter wird zusätzlich die gegen Rotation gesicherte Hubspindel axial bewegt. Aufgrund dieser drei Komponenten und der dadurch resultierenden gleichzeitigen relativen Bewegung der Doppelspindelmutter zu zwei Spindeln, von denen die eine fest montiert ist, kann durch diesen Differential-Spindeltrieb eine weite Spannweite an Übersetzungen realisiert werden.

[0014] Der Spindeltrieb umfasst erfindungsgemäß für einen robusten Betrieb kugelförmige Walzkörper. Auf diese Weise wird ein Differential-Doppel-Kugelumlauftrieb realisiert, der sich in besondere Weise als Leistungsgetriebe für Aktuatoren eignet. Die Kugeln können dabei beispielsweise aus Kugellagerstahl oder Keramik hergestellt sein und gegebenenfalls zur Verbesserung ihrer Laufeigenschaften eine Oberflächenbeschichtung aufweisen.

[0015] Damit die Hubspindel bei Drehung der Doppelspindelmutter in ihrer axialen Richtung einen Hub durchführen kann, muss eine Verdrehung dieser Spindel unterbunden und ihre freie axiale Verschiebbarkeit zugelassen werden.

[0016] In einer bevorzugten Ausführungsform des Spindeltriebs weist zur Rotationsfixierung der Hubspindel diese eine in axialer Richtung geführte kerbenförmige Ausnehmung auf, die einen Zapfen aufnimmt.

[0017] Alternativ oder in Kombination weist die Hubspindel an ihrem der Doppelspindelmutter abgewandten Ende einen mehrkantigen Querschnitt auf, der durch eine Führung derart geführt wird, dass die Hubspindel verdrehsicher gelagert wird. Beispielsweise kann die Hubspindel mit einem quadratischen Querschnitt im Abstützbereich versehen werden, der zur Hinderung der Verdrehung durch eine entsprechende, insbesondere auch quadratische, Führung geführt wird.

[0018] Die Verhältnisse von Hubsteigung und Feststeigung sind bei dem dargestellten Spindeltrieb frei wählbar und von den Randbedingungen der Aufgabenstellung bestimmt. Als Steigungen beider Spindeln kommen dabei prinzipiell alle Steigungen gebräuchlicher konventioneller Kugelumlaufspindeln in Frage. Aus dem Verhältnis von Hubsteigung zu Feststeigung errechnen sich üblicherweise Steigungen die kleiner sind als Steigungen von konventionellen Kugelumlauftrieben, die unter den jeweils vorgegebenen Belastungen noch erreicht werden können. Die Fixiersteigung und die Hubsteigung sind beispielsweise unterschiedlich groß gewählt. Das heißt, bei

einer Drehung der Doppelspindelmutter bewegt sich diese in axialer Richtung im Verhältnis zur Fixierspindel und zur Hubspindel jeweils unterschiedlich weit. Besonders vorteilhaft ist hierbei, dass zur Realisierung der Übersetzung nur ein drehbares Teil, nämlich die Doppelspindelmutter, erforderlich ist.

[0019] In Bezug auf den Aktuator wird die oben genannte Aufgabe erfindungsgemäß gelöst, indem der Aktuator einen Elektromotor mit Stator und Rotor und einen oben beschriebenen Spindeltrieb umfasst, wobei der Rotor die Doppelspindelmutter umfasst oder als Doppelspindelmutter ausgebildet ist. Der Spindeltrieb ist dabei auf ökonomische und platzsparende Weise mit dem Elektromotor verbunden bzw. in diesen integriert. Da der Rotor des Elektromotors in jedem Fall drehbar gelagert wird und als Doppelspindelmutter ausgebildet sein kann oder diese umfassen kann, sind keine weiteren drehbaren Komponenten erforderlich.

[0020] Damit die Doppelspindelmutter bzw. der Rotor in jeder Position durch den Stator bewegt bzw. gedreht werden kann, sind der Stator und der Rotor vorteilhafterweise derart ausgestaltet, dass über den gesamten im Betrieb des Spindeltriebs genutzten Verfahrensweg der Hubspindel ein vorgegebener magnetischer Fluss erzeugt wird.

[0021] In jeder axialen Position der Spindelmutter muss somit eine axiale Überdeckung der am magnetischen Kreis beteiligten Systeme (Kupferwicklungen Blechschnitt des Stators, Rückschlusskörper am Rotor, Magnete am Rotor) gegeben sein, die es erlaubt, den erforderlichen magnetischen Fluss zu stellen, respektive zu ermöglichen. Die Magnete des Rotors sollten sich daher auch in den Spindelendlagen noch innerhalb des Stators befinden.

[0022] Alternativ oder in Kombination kann auch der Stator axial und dem Rotor nachführbar, insbesondere über eine Radial-Axiallagerung, gelagert sein.

[0023] Die Vorteile der Erfindung liegen insbesondere darin, dass durch den geschilderten Aufbau des Spindeltriebs ein besonders hoher Wirkungsgrad eines Schraubspindelantriebs auch bei hoher Übersetzung gewährleistet wird. Außer der Doppelspindelmutter gibt es keine weiteren drehbaren Teile.

[0024] Bei einem Aktuator, bei dem der Rotor gemeinsam mit der Doppelspindelmutter bzw. gemeinsamen Spindelmutter auf den beiden Spindeln über den Kugelumlauftrieb drehbar geführt ist, bedarf es keiner zusätzlichen Lagerungen. Der gesamte Aufbau ist besonders einfach, toleranzunempfindlich, robust und effektiv gestaltet.

[0025] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigt in stark schematisierter Darstellung die einzige Figur einen Spindeltrieb mit einer Festspindel, einer Hubspindel und einer gemeinsamen Doppelspindelmutter, der in einen Elektromotor integriert ist.

[0026] Ein in der Figur dargestellter Spindeltrieb **2** umfasst eine Festspindel **8**, die mit einem ersten Endabschnitt **10** an einer festen Basis **14**, beispielsweise an einem den Spindeltrieb **2** umgebenden Gehäuse, starr fixiert und befestigt ist. Die Festspindel **8** weist schraubenförmig umlaufende Laufrillen **20** auf, in denen Kugeln **26** umlaufen können. Die Festspindel **8** ist bereichsweise in einem zweiten Endabschnitt **28** in axialer Richtung **32** von einer Doppelspindelmutter **38** umgeben. Zwischen der Festspindel **8** und der Doppelspindelmutter **38** sind Umlaufbahnen **44** für die Kugeln **26** ausgestaltet, so dass die Kugeln in axialer Richtung **32** (bzw. in umgekehrter Richtung) wandern, wenn sich die Doppelspindelmutter **38** um die Festspindel **8** dreht. Der axiale Verfahrweg der Doppelspindelmutter **38** bei Drehungen der Doppelspindelmutter **38** um die Festspindel **8** ist durch einen Doppelpfeil **50** dargestellt, die Umdrehung der Doppelspindelmutter **26** ist durch den gebogenen Doppelpfeil **56** dargestellt.

[0027] Der Spindeltrieb **2** umfasst weiterhin eine zweite Spindel, nämlich eine Hubspindel **62**. Auch die Hubspindel **62** weist Laufrillen **68** für Kugeln **74** auf. Die Hubspindel **62** ist in axialer Richtung **32** von der Doppelspindelmutter **38** umgeben, so dass auch hier schraubenförmige Umlaufbahnen **80** für die Kugeln **74** definiert werden. Die Festspindel **8** und die Hubspindel **62** liegen auf einer gedachten gemeinsamen Achse **82**. Rückführungseinrichtungen für die jeweiligen Kugeln **26**, **74** sind nicht eingezeichnet. Diese können in bekannter Form ausgestaltet sein.

[0028] Die Hubspindel **62** weist in axialer Richtung **32** eine kerbenförmige Ausnehmung **86** auf, die einen fest montierten Zapfen **92** aufnimmt. Auf diese Weise wird eine Rotation der Hubspindel **62** um ihre Längsachse **98** verhindert. Bei einer Drehung der Doppelspindelmutter **38** verschiebt sich daher die Hubspindel **62** in axialer Richtung, was durch einen Doppelpfeil **104** dargestellt ist. Die Verdrehsicherung der Hubspindel **62** kann auch auf andere Art realisiert werden, beispielsweise eine Anzahl von der der Hubspindel **62** angebrachten Rippen, die durch ortsfest angebrachte Schlitze geführt werden. Die Kugeln **26**, **74** werden in praktischen Anwendungen des Spindeltriebs bevorzugt ähnlich groß oder sogar identisch gewählt werden, da beide Spindeln ähnliche Steigungen haben. Bei bestimmten Anwendungen ist aber auch denkbar, abweichende Kugelgrößen zu wählen.

[0029] Bei einer Drehung der Doppelspindelmutter **38** verschiebt sich diese in axialer Richtung **32** (hier-

bei ist je nach Drehsinn auch jeweils die umgekehrte Richtung eingeschlossen) im Verhältnis zur Festspindel **8**. Gleichzeitig führt die Verdrehsicherung der Hubspindel **62** dazu, dass diese sich auch in axialer Richtung **32** (auch hier sind beide Richtungen eingeschlossen) bewegt und einen Hub durchführt. Die Größe des Hubs hängt dabei von der Anzahl der Umdrehungen der Doppelspindelmutter ab. Gleichzeitig hängt er von der jeweiligen Steigung der Spindel **8**, **62** an, was im Folgenden erläutert werden soll.

[0030] Die Umlaufbahn **44** für die Kugeln **26** weist eine Feststeigung P_1 auf und die Umlaufbahn **80** für die Kugeln **74** weist eine Hubsteigung P_2 auf. Weiterhin bezeichnet n die Anzahl der Umdrehungen der Doppelspindelmutter **38**. Nun sei $\Delta P = P_2 - P_1$ die Differenz der beiden Steigungen P_1 und P_2 . Bei n Umdrehungen der Doppelspindelmutter **38** erfährt die Hubspindel **62** einen Hub h der gegeben ist durch $h = n \cdot \Delta P$, wobei dabei der axiale Verfahrweg der Doppelspindelmutter **38** in Bezug zur festen Basis **14** geben ist durch $s = n \cdot P_1$.

[0031] Daraus ist ersichtlich, dass sich der Spindeltrieb als Lineargetriebe mit einer Vielzahl von Übersetzungen einsetzen lässt, wobei für eine gewünschte Übersetzung bzw. ein gewünschtes Übersetzungsverhältnis nur die beiden Steigungen P_1 und P_2 entsprechend gewählt werden müssen.

[0032] Der Spindeltrieb **2** ist im in der Figur dargestellten Beispiel in einen Elektromotor **120** integriert. Ein Rotor **126** des Elektromotors **120** ist als Doppelspindelmutter **38** ausgebildet und drehbar in einem Stator **132** des Elektromotors **120** gelagert. Auf diese Weise wird ein Aktuator **138** realisiert zur zielgerichteten Ausübung von Hub durch Ansteuerung des Elektromotors **120**. Der Spindeltrieb **2** fungiert hierbei als Differential-Doppel-Kugelumlauftrieb ausgebildetes Leistungsgetriebe für den Aktuator **138**.

[0033] Bei einer Verwendung des Spindeltriebs **2** in einer Bremsanlage eines Kraftfahrzeuges wird beispielhaft die Festspindel **8** fest eingebaut, während die Hydraulik-kolbenseitige Hubspindel **62** axial verschiebbar ist. Eine Seite der axial verschiebblichen Lagerung wird direkt über den Kolben im Aufnahmezylinder dargestellt. Die andere axial verschiebbliche Lagerung erfolgt durch Eintauchen eines Führungsbolzens in eine Führungsbohrung in der festen Festspindel **8**.

Bezugszeichenliste

2	Spindeltrieb
8	Festspindel
10	erster Endabschnitt
14	feste Basis
20	Laufrille
26	Kugel

28	zweiter Endabschnitt
32	axiale Richtung
38	Doppelspindelmutter
44	Umlaufbahn
50	Doppelpfeil
56	Doppelpfeil
62	Hubspindel
68	Lauftrille
74	Kugel
80	Umlaufbahn
82	gemeinsame Achse
86	Ausnehmung
92	Zapfen
98	Längsachse
104	Doppelpfeil
120	Elektromotor
126	Rotor
132	Stator
138	Aktuator
P1	Feststeigung
P2	Hubsteigung
n	Anzahl der Umdrehungen
h	Hub
s	Verfahrweg

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

- US 5899114 [\[0006\]](#)

Patentansprüche

1. Spindeltrieb (2), umfassend eine Festspindel (8) mit einem ersten (10) und einem zweiten (28) Endabschnitt, wobei der erste Endabschnitt (10) an einer festen Basis (14) fixiert ist und wobei die Festspindel (8) eine schraubenförmige Laufrille (20) mit einer Feststeigung (P_1) aufweist, und eine gegen Rotation gesicherte, dem zweiten Endabschnitt (28) auf einer gemeinsamen Achse (82) folgenden axial verschiebbare Hubspindel (62) mit einer schraubenförmigen Laufrille (68) mit einer Hubsteigung (P_2), und eine auf beiden Spindeln (8, 62) gelagerte Doppelspindelmutter (38), wobei durch die jeweilige Laufrille (20, 68) und die Doppelspindelmutter (38) jeweils eine schraubenförmige Umlaufbahn (44, 80) im Sinne eines Umlauftriebs für kugelförmige Walzkörper (26, 74) gebildet ist, und wobei eine Rückführungseinrichtung für die Walzkörper vorgesehen ist, und wobei die Feststeigung (P_1) und die Hubsteigung (P_2) betragsmäßig unterschiedlich groß gewählt sind.

2. Spindeltrieb (2) nach Anspruch 1, wobei zur Rotationsfixierung die Hubspindel (62) eine in axialer Richtung (32) geführte kerbenförmige Ausnehmung (86) aufweist, die einen Zapfen (92) aufnimmt.

3. Spindeltrieb (2) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Hubspindel (62) an ihrem der Doppelspindelmutter (38) abgewandten Ende einen mehrkantigen Querschnitt aufweist, der durch eine Führung derart geführt wird, dass die Hubspindel (62) verdrehsicher gelagert wird.

4. Spindeltrieb (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die kugelförmigen Walzkörper (26, 74) aus Kugellagerstahl oder Keramik hergestellt sind.

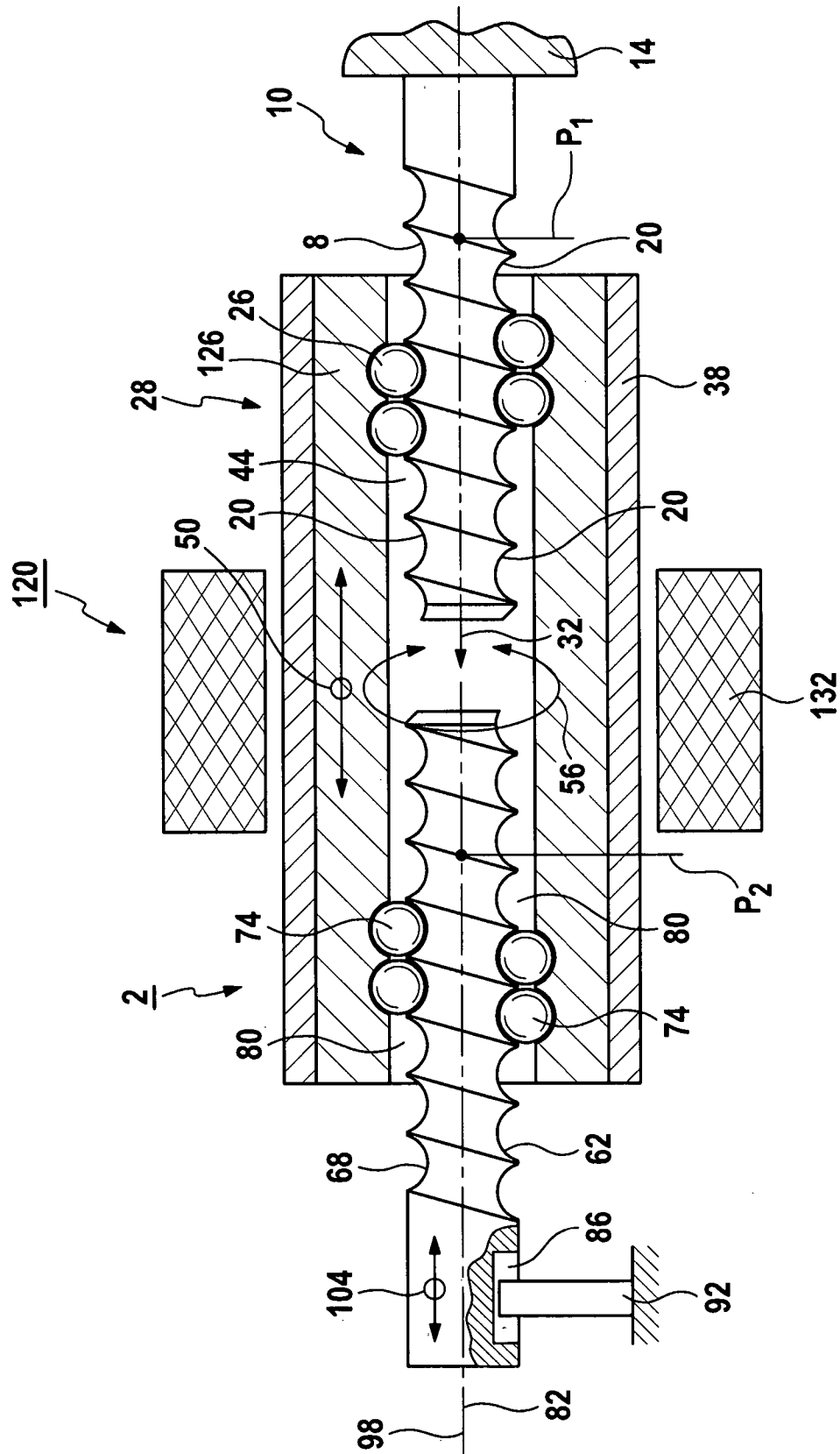
5. Aktuator (138), umfassend einen Elektromotor (120) mit Stator (132) und Rotor (126), und mit einem Spindeltrieb (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Rotor (126) die Doppelspindelmutter (38) umfasst oder als Doppelspindelmutter (38) ausgebildet ist.

6. Aktuator (138) nach Anspruch 5, wobei der Stator (132) und der Rotor (126) derart ausgestaltet sind, dass über den gesamten im Betrieb des Spindeltriebs genutzten Verfahrensweg (s) der Hubspindel ein vorgegebener magnetischer Fluss erzeugt wird.

7. Aktuator (138) nach Anspruch 5 oder 6, wobei der Stator (132) axial und dem Rotor (126) nachführbar, insbesondere über eine Radial-Axiallagerung, gelagert ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



138