



(10) **DE 10 2021 119 597 A1** 2023.02.02

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 119 597.7**

(22) Anmeldetag: **28.07.2021**

(43) Offenlegungstag: **02.02.2023**

(51) Int Cl.: **F16H 25/20** (2006.01)

F16H 1/32 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Karlsruher Institut für Technologie, Körperschaft
des öffentlichen Rechts, 76131 Karlsruhe, DE**

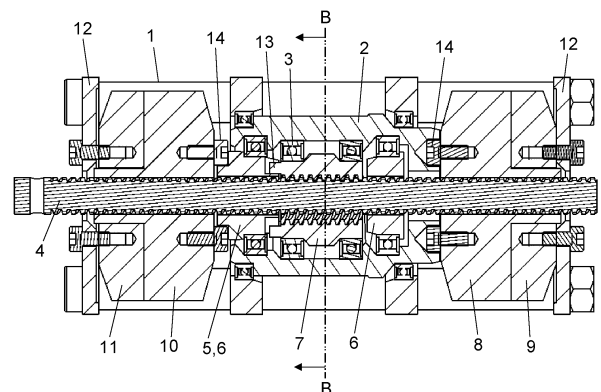
(72) Erfinder:
Klas, Cornelius, 76131 Karlsruhe, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Linearantrieb mit zwei Unterstufungen**

(57) Zusammenfassung: Linearantrieb mit zwei Unterstufungen, umfassend eine Antriebsspindel (4) mit einem Außengewinde, ein Gehäuse (1), konzentrisch um die Antriebsspindel angeordnet, eine im Gehäuse um die Antriebsspindel konzentrisch rotatorisch gelagerte und durch eine erste Antriebsquelle (8, 9) antreibbare Hohlwelle (2), ein in der Hohlwelle mit einem exzentrischen Versatz zur Antriebsspindel rotatorisch gelagertes und durch eine zweite Antriebsquelle (10, 11) antreibbares Antriebselement (7) mit Innengewinde sowie Gleitlagerelemente (6) zur axialen Führung der Antriebsspindel, wobei die Gewinde von Antriebsspindel und Antriebselement ein gleiches Gewindemodul aufweisen, der Gewindeinnendurchmesser des Antriebselements größer als der Gewindeaußendurchmesser der Antriebsspindel ist, der exzentrische Versatz so eingestellt ist, dass das Innengewinde des Antriebselements nur einseitig in das Außengewinde der Antriebsspindel eingreift sowie die zweite Antriebsquelle einen Überlastschutz mit einer Leistungsbegrenzung oder einer Abschaltung aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Linearantrieb, vorzugsweise einen motorischen, weiter bevorzugt elektromotorischen Linearantrieb mit zwei Untersetzungsstufen.

[0002] Die eingangs genannten Linearantriebe dienen insbesondere der Umwandlung einer meist drehenden Bewegung eines Motors, meist Elektromotoren, in eine lineare Bewegung eines Stellgliedes. Sie umfassen ein Getriebe zwischen Motor und Stellglied, das gewöhnlich - sofern es sich nicht um ein Schaltgetriebe handelt - nur ein Untersetzungsverhältnis aufweist. Die Bewegungsgeschwindigkeit des Stellgliedes ist über die Motordrehzahl einstellbar, wobei die maximale Stellkraft bei einer unveränderten Getriebeübersetzung oder -untersetzung proportional zum jeweils anliegenden Drehmoments des Motors ist.

[0003] Bei Manipulatoren, insbesondere die eine humanoide oder tierähnliche Bewegung nachbilden sollen, stellt sich jedoch immer wieder die Aufgabe einer Anhebung der Bewegungsgeschwindigkeit zu Lasten der Stellkraft und umgekehrt, d.h. einer Änderung der Getriebeübersetzung oder -untersetzung. Dies würde eine gute Dosierbarkeit der Kraft- und Bewegungsabläufe insbesondere bei manuell gesteuerten Manipulatoren ermöglichen. Menschliche Muskeln ermöglichen nämlich je nach zu bewältigender Aufgabe hohe Stellkräfte bei geringen Bewegungsgeschwindigkeiten und niedrige Stellkräfte bei hohen Bewegungsgeschwindigkeiten. Auch wäre die erforderliche maximale Leistung und damit die Baugröße eines Motors mit anpassbarer Getriebeuntersetzung deutlich niedriger als bei einem elektromotorischen Linearantrieb mit konstanter Untersetzung.

[0004] Manuell oder automatisch schaltbare Getriebe bieten zwar den Vorteil einer Änderbarkeit einer Getriebeuntersetzung, sind aber meist groß, schwer, teuer und komplex. Insbesondere bei der Konzeption humanoider oder tierähnlicher Roboter mit einer Vielzahl von Aktoren und einem begrenzten Bauraum stellt dies einen limitierenden Faktor dar.

[0005] In DE 94 13 740 U1 und EP 1 877 677 B1 wird das Funktionsprinzip eines Harmonic Drive auf lineare Getriebe übertragen, um sehr hohe Übersetzungen zu erreichen. Das radiale gleiten inneren Zähne in die äußeren ähnelt dabei der Mutter, die radial in die Spindel gleitet. Damit lassen sich zwar platzsparend hohe Übersetzungsverhältnisse, jedoch keine Änderung der Übersetzung realisieren.

[0006] In EP 0 529 521 B1 wird dagegen eine zweistufiges Rotations-Translationsgetriebe beschrie-

ben, um spielfrei und Reibungsarm sehr hohe Untersetzungen zu erreichen.

[0007] Ferner offenbaren DD 211 768 A5 und EP 0 776 285 B1 weitere Lösungen für eine mehrstufige Untersetzung mit mehreren, ineinander geschachtelten Spindeln.

[0008] DD 211 768 A5 beschreibt eine Linearantrieb mit zwei Motoren, bei welcher der eine Motor eine Mutter, der andere Motor eine Gewindespindel antreibt. Dabei sind die Motoren am äußeren Ende von zwei teleskopisch ineinander verschiebbaren, gegen Verdrehung um ihre Achse gesicherten rohrförmigen Gehäuseteilen angebracht und die Mutter und die Gewindespindel im Innern dieser Gehäuseteile angeordnet. Die Untersetzung ist über den jeweiligen Betrieb der Motoren schaltbar.

[0009] EP 0 776 285 B1 beschreibt einen mehrstufigen Spindeltrieb zur Umsetzung einer Drehbewegung in eine Linearbewegung mit unterschiedlichen Ein- und Ausfahrgeschwindigkeiten, bestehend aus mindestens zwei teleskopisch ineinandergreifenden und in Schraubverbindung stehenden Gewindespindeln mit unterschiedlicher Steigung, von denen eine Gewindespindel mit einem Antriebselement verbunden ist und eine andere Gewindespindel über eine Mutter mit einem Abtriebselement zusammenwirkt, wobei die Gewindespindeln und die Ein- und Ausfahrgeschwindigkeiten durch Reibkraft umschaltbar sind. Die Untersetzung ist über unterschiedliche Reibungsverhältnisse schaltbar.

[0010] Ferner wird in DE 01 057 411 B ein Reibungsgetriebe zur Umwandlung einer Drehbewegung in eine Vorschubbewegung mit in reibkraftschlüssigem Eingriff und in einem veränderbaren Winkel zueinanderstehenden zylindrischen Körpern, im Beispiel ein Ringkörper um eine Welle, offenbart. Die Getriebeuntersetzung ist stufenlos über den Winkel zwischen Ringkörper und Welle einstellbar.

[0011] In DE 10 2013 015 257 B3 wird ein Rotations-Translations-Getriebe mit zuschaltbarer Untersetzung beschrieben. Es arbeitet nach dem Prinzip der Differentialspindel was hohe Untersetzungen erlaubt. Durch einen Wechsel zwischen normalem Spindelbetrieb und Differentialspindelbetrieb ist die Untersetzung veränderbar. Bei Erreichen einer bestimmten Kraft schaltet sich eine zusätzliche Getriebestufe selbsttätig oder manuell zu. Die Kraft wirkt auf ein spannbare System, dessen Kraft-Weg-Kennlinie einen deutlichen Kraftanstieg über den Weg zeigt.

[0012] CH 647306 A5 offenbart einen Linearantrieb mit zwei Motoren, von denen einer die Mutter und der andere die Spindel antreiben. Durch die Wahl der Motor Geschwindigkeiten kann die Vorschubge-

schwindigkeit in einem weiten Bereich verändert werden.

[0013] In der DE 10 2007 059 457 A1 wird ferner eine last-sensitive Kraftübertragungseinrichtung mit einer drehenden Gewindespindel und einer exzentrisch um dieser angeordneten drehbaren Mutter beschrieben. Die axiale Verschiebung erfolgt allein durch die Mutter auf der axial fixierten, aber drehenden Gewindespindel. Die Getriebeuntersetzung stellt sich durch die Drehzahl der Mutter ein, wobei jene über eine viskose oder reibende Einbettung in einer Schlittenaufnahme in ihrer Drehbewegung gedämpft ist und sich so eine lastabhängige Drehzahl der Mutter und damit ein individuelles Untersetzungsverhältnis einstellt.

[0014] Als Alternative für elektromotorische Antriebe bieten sich hydraulische Antriebe an, über die ein Stellglied zwar platzsparend antreibbar sind, aber eine hydraulische Versorgung nebst Steuerungsventile und hydraulische Verbindungsmittel zum Stellglied erfordern.

[0015] Anwendungsbeispiele für Linearantriebe der eingangs genannten Art finden sich vorzugsweise in der Robotik wie z.B. in der genannten humanoiden Robotik, aber auch bei alltäglichen Anwendungen wie z.B. bei elektrischen Antrieben für Fenster, Tore oder Rollläden, bei denen einerseits geringe Kräfte mit hohen Stellgeschwindigkeiten realisiert werden müssen, je nach Situation temporär aber auch hohe Kräfte wie z.B. beim Anfahren, überwunden werden müssen.

[0016] Davon ausgehend liegt eine Aufgabe der Erfindung darin, ein elektromotorischen Linearantrieb mit zwei Untersetzungsstufen (oder Übersetzungsstufen) vorzuschlagen, das die vorgenannten Einschränkungen nicht aufweist, sich durch eine geringe Baugröße auszeichnet und sich durch eine lastabhängige Umschaltung der Untersetzung auszeichnet.

[0017] Gelöst wird die Aufgabe durch einen Linearantrieb mit den Merkmalen des Anspruch 1. Hierauf zurückbezogene Unteransprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen wieder.

[0018] Zur Lösung der Aufgabe wird ein Linearantrieb, vorzugsweise ein motorischer Linearantrieb, weiter bevorzugt ein elektromotorischer Linearantrieb mit zwei Untersetzungsstufen vorgeschlagen, umfassend zumindest die nachfolgend genannten Komponenten:

- a) eine Antriebsspindel mit einem Außengewinde;
- b) ein Gehäuse, konzentrisch um die Antriebsspindel angeordnet;

c) eine im Gehäuse um die Antriebsspindel konzentrisch rotatorisch gelagerte und durch eine erste Antriebsquelle, vorzugsweise einen ersten Motor antreibbare Hohlwelle;

d) ein in der Hohlwelle mit einem exzentrischen Versatz zur Antriebsspindel rotatorisch gelagertes und durch eine zweite Antriebsquelle, vorzugsweise einen zweiten Motor antreibbares Antriebselement mit Innengewinde;

e) Gleitlagerelemente zur axialen Führung der Antriebsspindel vorzugsweise im Gehäuse weiter bevorzugt als Gleitlagerschalen drehbar in der Hohlwelle gelagert.

[0019] Die Gewinde von Antriebsspindel (Außengewinde) und Antriebselement (Innengewinde) weisen dabei ein gleiches Gewindemodul auf; sie greifen vorzugsweise über mehrere Zahnflanken hinweg ineinander, sind somit in axialer Richtung formschlüssig miteinander gekoppelt und eignen sich so für die Übertragung einer axialen Kraft und einer axialen Verschiebung auf die Antriebsspindel. Das Konzept sieht vor, dass diese axiale Kraft und Verschiebung nur durch diese ineinandergreifenden Gewinde übertragen werden. Der Gewindeinnendurchmesser des Antriebselements ist jedoch größer als der Gewindeaußendurchmesser der Antriebsspindel, wobei der exzentrische Versatz so eingestellt ist, dass das Innengewinde des Antriebselements nur einseitig, d.h. nur einem begrenzten Winkelbereich (vorzugsweise kleiner 90° , weiter bevorzugt kleiner 45° , je nach Verhältnis des Außen- zu Innengewinde des Gewindequerschnitts in das Außengewinde der Antriebsspindel formschlüssig eingreift, d.h. nur in diesem Bereich eine axiale Kraft übertragbar ist.

[0020] Je nach Modul, Exzentrizität, Verhältnis des Außen- zu Innengewinde des Gewindequerschnitts und Zahnform sind grundsätzlich alle Winkelbereiche von wenigen Grad bis zu (fast) 360° realisierbar. Bereits die Fertigungstoleranzen eines Normgewindes (z.B. M8) sind grundsätzlich groß genug, um die genannten Winkelbereiche für den vorgeschlagenen Linearantrieb zu realisieren. Dabei verursachen kleinere Winkelbereiche grundsätzlich auch eine geringere Reibung zwischen den Zahnflanken, da das Innengewinde des Antriebselements mehr über das Außengewinde der Antriebsspindel rollt. Größere Überdeckungen weisen grundsätzlich den Vorteil einer größeren für eine Kraftübertragung zur Verfügung stehenden Zahnflankenfläche und damit einer größeren Traglast. Die Reibverluste verhalten sich bei einem Antrieb der Hohlwelle durch die erste Antriebsquelle näherungsweise proportional zu $2 \times$ Zahnhöhe \times Reibwert \times Axialkraft pro Umdrehung. Beim direkten Antrieb des Antriebselements über die zweite Antriebsquelle mit einer Übertragung sind die Reibverluste proportional zum Umfang \times

Reibwert x Axialkraft pro Umdrehung deutlich höher, die übertragbaren Axialkräfte aber auch niedriger.

[0021] Mit der Drehbarkeit der Hohlwelle relativ zur Antriebsspindel ändert sich auch die Ausrichtung der Exzentrizität des Antriebselements in der Antriebsspindel im Gehäuse.

[0022] Es wird folglich ein Linearantrieb mit zwei Antriebsquellen, vorzugsweise zwei Motoren, weiter bevorzugt als Elektromotoren, mit zwei Übersetzungen vorgeschlagen. Mit den beiden Antriebsquellen wird eine bevorzugt rotatorische Bewegung folglich in zwei Wirkmechanismen in eine lineare Bewegung axial zur Antriebsspindel umgesetzt, wobei diese grundsätzlich jeweils einzeln aber auch in Kombination einsetzbar sind. Die beiden Wirkmechanismen unterscheiden sich insbesondere im Übersetzungsverhältnis, wobei jeder der beiden Wirkmechanismus jeweils vorzugsweise nur durch einen der beiden Antriebsquellen gespeist wird.

[0023] Der Begriff Übersetzung oder Übersetzung gibt den Umwandlungsgrad einer Bewegung einer anderen physikalischen Größe, beispielweise eine Umdrehungszahl, in eine gleichartige Bewegung mit einem anderen Wert wieder. Bei einer Übersetzung oder Übersetzung eine Umdrehungszahl erfolgt eine Reduzierung bzw. Erhöhung der Umdrehungszahl der treibenden Welle zu der der getriebenen Welle, wobei durch die Unter- bzw. Übersetzung das Drehmoment im gleichen Unter- bzw. Übersetzungsverhältnis entsprechend ansteigt bzw. sich reduziert (abzüglich eventueller Übertragungsverluste).

[0024] Bei dem vorliegenden Linearantrieb wird eine Drehbewegung einer Antriebsquelle in eine lineare Vorschubbewegung, d.h. eine Längsbewegung der Antriebsspindel umgesetzt. Die Umwandlung erfolgt im vorliegenden Fall nicht im Rahmen gleichartiger physikalischer Größen, weswegen man hier, d.h. bei der Umwandlung von rotatorischen Bewegungen durch die erste bzw. zweite Antriebsquelle zu einer translatorischen Linearbewegung der Antriebsspindel von einer ersten bzw. zweiten Ganghöhe spricht. Eine Ganghöhe lässt sich aber im vorliegenden Fall rechnerisch in zwei Teilschritte aufteilen, und zwar in

- eine Umwandlung von einer physikalischen Größe (im vorliegenden Fall von einer rotatorischen in eine translatorische Bewegung mit gedanklich einer einzigen Ganghöhe für beide Antriebsquellen) und

- eine Übersetzung oder Übersetzung zwischen zwei gleichartigen physikalischen Größen mit je einem Unter- oder Übersetzungsverhältnis für die beiden Antriebsquellen sowie deren getriebebesitigen Übersetzungsverhältnisse. Als Unter- bzw. Übersetzungsverhältnis der Quotient i aus Drehzahl zwischen Getriebeeingang und

Getriebeausgang definiert. Bei $i > 1$ wird die Drehzahl verkleinert (Untersetzung), aber das übertragene Drehmoment vergrößert. Bei einer Übersetzung bei $i < 1$ wird die Drehzahl vergrößert, das übertragene Drehmoment verkleinert.

[0025] Die Begriffe Unter- und Übersetzung sowie Unter- und Übersetzungsverhältnis werden im Rahmen der Beschreibung der Erfindung im vorgenannten Sinne eingesetzt und repräsentieren die unterschiedlichen Übersetzungsverhältnisse, d.h. die beiden unterschiedlichen Ganghöhen bzw. Ganghöhenverhältnisse für die beiden Antriebsquellen.

[0026] Beim Antrieb der Hohlwelle über den ersten Motor ist ein einem Zykloidgetriebe ähnliches Getriebe vorgeschaltet, sodass die effektive Ganghöhe oder die Übersetzung im vorgenannten Sinne des Getriebes sich aus der Gewindesteigung multipliziert mit dem Übersetzungsverhältnis des Zykloidgetriebes bestimmt wird (erster Wirkmechanismus). Das Zykloidgetriebe ergibt sich aus einem Abrollen des nicht mit der Hohlwelle mitdrehenden Innengewindes des Antriebselements auf dem Außengewinde der (nicht drehbaren) Antriebsspindel. Ein Unter- oder Übersetzungsverhältnis errechnet sich aus den effektiven Gewindedurchmessern des Antriebselements D und der Antriebsspindel d : $i=D/(D-d)$.

[0027] Die zweite Antriebsquelle treibt das Antriebselement mit Innengewinde in der Hohlwelle mit einem exzentrischen Versatz zur Antriebsspindel rotatorisch an (zweiter Wirkmechanismus); hierdurch verhält sich das Getriebe wie ein normaler Spindeltrieb, wobei die Übersetzung im angenommenen Falle einer im Gehäuse fixierter Hohlwelle nur von der Gewindesteigung des Innengewindes des Antriebselements bestimmt wird.

[0028] Beim vorgenannten zweiten Wirkmechanismus wird die Ganghöhe oder die Übersetzung im vorgenannten Sinne durch die Steigung des Innengewindes des Antriebselements bestimmt. Es erfolgt kein Abrollen des Innengewindes des Antriebselements auf dem Außengewinde der Antriebsspindel, sondern eine Abgleiten der Zahnflanken des Innengewindes des Antriebselements auf dem Außengewinde der Antriebsspindel.

[0029] Im Rahmen der Beschreibung schließt der Begriff „Übersetzung“ in Zusammenhang mit der Umsetzung einer rotatorischen Bewegung durch eine Antriebsquelle zu einer translatorischen Bewegung der Antriebsspindel sowohl eine Übersetzung als auch eine Übersetzung folglich mit ein.

[0030] Der zweite Wirkmechanismus dient folglich der Umsetzung eines Schnellgangs, während der

erste Wirkmechanismus der Umsetzung eines höher belastbaren langsamen Untersetzungsgangs.

[0031] Das Konzept sieht weiter vor, dass die zweite Antriebsquelle (d.h. die die geringere Übersetzung antreibt) einen Überlastschutz mit einer Leistungsbegrenzung oder einer Abschaltung aufweist. Stößt eine Stellbewegung im niedrig untersetzten Schnellgang auf einen mechanischen Widerstand, erfolgt eine Abschaltung dieses Antriebs, wobei die Stellbewegung höher untersetzt mittels der bevorzugt parallelaufenden ersten Antriebsquelle erfolgt.

[0032] Bei einem Antrieb mit Schrittmotoren können diese bevorzugt mit zwei Geschwindigkeiten, deren Verhältnis dem Übersetzungsverhältnis i entspricht angetrieben werden. Ein Überlastschutz des zweiten Motors ist hierbei nicht nötig, eine Geschwindigkeitsbegrenzung des ersten Motors aber in vielen Anwendungen wünschenswert, um Schrittverluste zu vermeiden.

[0033] Die vorgenannten Antriebsquellen umfassen vorzugsweise Motoren ohne oder mit Getriebe (Getriebemotoren) oder auch Schrittmotoren, jeweils eine drehende Antriebswelle umfassend. Vorzugsweise kommen entsprechende elektrisch getriebene Motoren zum Einsatz.

[0034] Eine optionale Ausführungsform sieht einen Linearantrieb vor, bei dem die erste und die zweite Antriebsquelle ein erstes bzw. ein zweites Antriebsmittel umfasst, wobei beide Antriebsmittel durch einen gemeinsamen motorischen Antrieb mit nur einem Motor und Übertragungsmitteln antreibbar sind. Als Überlastschutz der zweiten Antriebsquelle wird eine Kupplung (Schaltkupplung oder Rutschkupplung) vorgeschlagen, die bei einer Überlast vorzugsweise oberhalb eines Drehmomentschwellwertes zumindest die zweiten Antriebsmittel von dem Motor oder Übertragungsmitteln trennt und vorzugsweise in einen Freilaufmodus überführt. Alternativ umfasst der Überlastschutz eine aktiv schaltbare Kupplung, zumindest für die vorgenannte Trennung zumindest der zweiten Antriebsmittel von dem Motor oder Übertragungsmitteln. Eine Ansteuerung der aktiv schaltbare Kupplung, vorzugsweise elektromagnetisch oder elektromechanisch, erfolgt vorzugsweise mittels externer Ansteuerungssignale, wobei jene vorzugsweise außerhalb des Linearantriebs als Kraft- oder Wegsignale aufgenommen werden.

[0035] Eine Ausgestaltung des Linearantriebs sieht vor, die Antriebsspindel mittels einer Verdrehsicherung gegenüber dem Gehäuse auszugestalten, womit die Antriebsspindel nur axial im Gehäuse bewegbar gelagert ist. Diese Verdrehsicherung ist vorzugsweise durch entsprechende axial orientierten Führungspassungen auf der Antriebsspindel, vor-

zugsweise außerhalb des Gewindebereichs, alternativ über eine Drehmomentstütze an der Antriebsspindel gegenüber dem Gehäuse realisierbar. Eine Verdrehsicherung ist alternativ auch ohne separate Komponenten oder Führungspassung realisierbar, insbesondere dann, wenn der mit der Antriebsspindel verbundene Antriebsempfänger selbst nicht drehbar ist und eine Verbindung mit dem Gehäuse aufweist (mittelbare Verdrehsicherung).

[0036] Eine weitere Ausgestaltung des Linearantriebs sieht vor, dass das Antriebselement eine Mutter oder mehrere in Reihe fest miteinander gekoppelte Muttern mit exzentrischer Gewindebohrung umfasst. Insbesondere durch mehrere fest miteinander gekoppelte Muttern kann auf eine separate Führung der Antriebsspindel in Gleitlagern verzichtet werden; die Reibung in diesen Gleitlagern entfällt.

[0037] Eine weitere Ausgestaltung des Linearantriebs sieht vor, dass die Gleitlagerelemente zur axialen Führung der Antriebsspindel zwei in der Hohlwelle konzentrisch drehbar gelagerte Gleitlagerschalen umfassen. Die Gleitlagerelemente sind damit außerhalb der Antriebsquellen und möglichst nahe am Eingriff des Innengewindes des Antriebselements in das Außengewinde der Antriebsspindel angeordnet, was in vorteilhafter Weise die axiale Führungssteifigkeit erhöht und damit der Positioniergenauigkeit der Stellbewegung zugutekommt.

[0038] Die Zahnform des Außengewindes der Antriebswelle und des Innengewindes des Antriebselements sind aufeinander abgestimmt. Die Anforderungen an die Zahnform sind in eine zweidimensionale Modellbetrachtung übertragbar. Die zweidimensionalen Kurven ergeben sich aus einem Schnitt durch die feststehende Spindel beim ersten Wirkmechanismus. Eine unbewegliche Kurve repräsentiert die Zahnform der Spindel, eine sich in axialer und radialer Richtung bewegende Kurve die Zahnform des Antriebselements inklusive der rollenden Bewegung um die Spindel. Die Gewinde sind so ausulegen, dass die beiden genannten Kurven sich zwar berühren, aber nicht durchdringen oder überschneiden dürfen. Eine Optimierung erfolgt in einer Maximierung der Berührungszeiten und Länge der berührenden Kurvenabschnitte, was eine niedrige Flächenpressung bedeutet (Unter Berücksichtigung der hertzschen Pressung wird auch aus einem Berührungspunkt eine Fläche). Je länger die Zeitdauer der Berührung im zweidimensionalen Fall und je näher die beiden Kurven sich sind, desto größer ist also die Berührfläche im 3D und desto niedriger damit die Flächenpressung. Eine größere Berührfläche ergibt aber auch eine höhere Reibung, da die Bedingungen für eine Rollende Bewegung nur in einem Punkt erfüllt sein können. Je nach Anwendung

kann zwischen wenig Reibung und hoher Tragkraft gewählt werden.

[0039] Für eine günstige Fertigung wird die Spindel vorzugsweise mit einem Standardgewinde, z.B. Trapezgewinde realisiert. Es gibt mit passenden Antriebselement/Muttern (z.B. dreidimensional gedruckt) einen großen Zeitanteil der Bewegung (zweidimensionalen Schnitt) in dem sich die Kurven berühren. Dies entspricht einem großen Winkelbereich im Schnitt mit einer Ebene deren normale axial auf der Spindel steht. Dabei gibt es während der Bewegung keine Überschneidungen.

[0040] Alternativ kann auch das Antriebselement/-Muttern mit Standardgewinde ausgeführt sein und die Spindel mit darauf angepasstem Gewinde.

[0041] Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen, den folgenden Figuren und Beschreibungen näher erläutert. Alle dargestellten Merkmale und deren Kombinationen sind nicht nur auf diese Ausführungsbeispiele und deren Ausgestaltungen begrenzt. Vielmehr sollen diese stellvertretend für weitere mögliche, aber nicht explizit als Ausführungsbeispiele dargestellte weitere Ausgestaltungen kombinierbar angesehen werden. Es zeigen

Fig. 1a und **b** zwei Schnittansichten einer ersten Ausführungsform mit zwei axialen Motoren, einem Antriebselement mit Innengewinde und zwei Gleitlagerelementen,

Fig. 2a und **b** zwei Schnittansichten einer zweiten Ausführungsform mit zwei axialen Motoren und drei Antriebselementen mit Innengewinde,

Fig. 3a und **b** zwei Schnittansichten einer dritten Ausführungsform mit nur einer Antriebsquelle sowie

Fig. 4a und **b** zwei Schnittansichten einer vierten Ausführungsform, bei der beide Motoren abseits zur Antriebsspindel und dabei außerhalb des Gehäuses angeordnet und über Zahnradtriebe an die Hohlwelle bzw. das Antriebselement gekoppelt sind.

[0042] Die in **Fig. 1** und **Fig. 2** (jeweils a und b) dargestellten Ausführungsbeispiele von Linearantrieben mit zwei Untersetzungsstufen umfassen jeweils ein Gehäuse 1 mit einer in dieses koaxial eingesetzten und axial beweglichen Antriebsspindel 4 mit Aussengewinde, eine in Gehäuse um die Antriebsspindel kugelgelagert eingesetzte Hohlwelle 2 mit zwei exzentrisch in die Hohlwelle eingesetzte Lager 3 für ein Antriebselement 7. Ferner sind ein erster und ein zweiter Motor als Antriebsquellen, jeweils mit Stator 9 bzw. 11 und Rotor 8 bzw. 10, um die Antriebswelle 4 angeordnet. Die Antriebswelle ist in allen drei Ausführungsformen in den Rotoren 8 und 10 mittels Gleitlagerung im Gehäuse axial verschiebbar gela-

gert. Die Statoren 9 und 11 sind im Beispiel jeweils mit Schrauben an jeweils eine Abschlussplatte 12 des Gehäuses angebunden.

[0043] Der erste Motor (in den Längsschnitten A-A in **Fig. 1a** und **Fig. 2a** jeweils rechts) treibt mit seinem Rotor 8 die Hohlwelle 2 an. Der zweite Motor (in den Längsschnitten A-A in **Fig. 1a**, **Fig. 2a** und **Fig. 3a** jeweils links) treibt mit seinem Rotor 10 eine konzentrisch auf der Antriebsspindel 4 gleitend gelagerte Kupplung 5 an, die dann wiederum die rotierende Bewegung über Mitnehmerelemente 13 jeweils das exzentrisch zur Antriebsspindel 4 in der Hohlwelle 8 mit Lager 3 gelagerte Antriebselement 7 weiterleitet.

[0044] Die Kraftübertragung erfolgt im Beispiel über die Schraubenköpfe von vorzugsweise mindestens zwei im Rotor axial eingeschraubte Schrauben, wobei die Schraubenköpfe 14 formschlüssig (optional auch mit zusätzlichen elastischen Zwischenelementen für eine spielfreie Passung) in entsprechende stirnseitige Vertiefungen der Hohlwelle 2 bzw. der Kupplung 5 formschlüssig eingreifen.

[0045] Formschlüssig nennt man eine Verbindung zwischen zwei Fügepartnern, wenn die Fügepartner durch ein Ineinandergreifen von Oberflächenstrukturen miteinander verbunden sind und vorzugsweise dabei gegeneinander fixiert sind. Im Rahmen dieser Anmeldung wird der Begriff auch für eine formschlüssige wirkende Kupplung genutzt, wobei die Fixierung auch über eine Spielpassung, wie im vorliegenden Fall, im Sinne einer Mitnehmerkupplung und auch das vorgenannte Mitnehmerelement mit eingeschlossen realisierbar ist.

[0046] Beidseitig nahe zum Antriebselement 7 auf die Antriebsspindel 4 wirkende Gleitlager in der Kupplung 5 (Kupplung ist hier als ein Gleitlagerelement 6) sowie eines (weiteren) Gleitlagerelements 6 dienen der zusätzlichen Führung der Antriebsspindel in der Hohlwelle, womit sich in vorteilhafter Weise die genannten Kraftübertragungsmittel zwischen Antriebsquellen und Antriebsspindel steifer gestalten lassen.

[0047] Das Antriebselement 7 ist durch die Lager 3 exzentrisch außerhalb einer durch die Antriebsspindel vorgegebenen zentralen Achse gelagert. Dadurch rollt das Antriebselement mit seinem Innengewinde bei einer Umdrehung der Hohlwelle 2 auf der Antriebsspindel 4 ab und dreht sich dabei um den Bruchteil einer gesamten Umdrehung, der dem Unterschied der Durchmesser von Welle und Antriebsspindel im Verhältnis zum Antriebsspindel-durchmesser entspricht.

[0048] **Fig. 1a** und **b** zeigt eine Ausführungsform mit zwei Motoren mit Hohlwelle um die Antriebsspindel angeordnet. Die Schraubenköpfe 14 bilden mit ent-

sprechenden Vertiefungen im Gleitlagerelement eine Kupplung ohne einen Achsversatz, bei dem der Rotor 10 seine rotierende Bewegung formschlüssig überträgt. Die zylindrischen Mitnehmerelemente 13 bilden mit entsprechend größeren Vertiefungen im Gleitlagerelement eine Kupplung mit Ausgleich vom Achsversatz. Dieser Mechanismus einer Kupplung mit Achsversatz ist vorzugsweise spielfrei. Der Rotor 8 überträgt seine rotierende Bewegung ebenfalls über Schraubenköpfe 14 in entsprechende Aussparung formschlüssig in die Hohlwelle 2. **Fig. 1a** und **b** repräsentieren damit eine Ausführungsform mit zwei axialen Motoren, einem Antriebselement mit Innengewinde und zwei Gleitlagerelementen und damit eine konstruktiv einfache Ausführung der Erfindung.

[0049] Fig. 2a und **b** repräsentiert eine Ausführungsform mit zwei Motoren mit Hohlwelle um die Antriebsspindel angeordnet, bei der die Gleitlagerelemente 6 anstelle mit Gleitlagerflächen mit einem zur Antriebsspindel passenden Innengewinde vorgesehen sind. Ein Kupplungsmechanismus mit den vorgenannten Mitnehmerelementen 13 zum Ausgleich des Achsversatzes koppelt dann beide Gleitlagerelemente mit dem dazwischen angeordneten Antriebselement 7 und mit den vorgenannten Schraubenköpfen 14 mit dem zweiten Motor. Die Schraubenköpfe 14 bilden mit entsprechenden Vertiefungen im Gleitlagerelement 6 die Kupplung 5 im Gegensatz zu der in **Fig. 1a** und **b** dargestellten Ausführungsform mit einem Achsversatz. Die zylindrischen Mitnehmerelemente 13 im Antriebselement 7 bilden mit entsprechend größeren Vertiefungen im Gleitlagerelement 6 ebenfalls eine (weitere) Kupplung mit Ausgleich von Achsversatz. Eine Kupplung kommt auch wieder zwischen Antriebselement und zweitem Gleitlagerelement zum Einsatz. Dieser Mechanismus einer Kupplung mit Achsversatz ist vorzugsweise spielfrei. Die Hohlwelle 2 weist hierzu vorzugsweise vier über den Umfang der Gleitlagerelemente versetzte Bohrungen für die Lagerungen auf, sodass sich das Antriebselement und die beiden Gleitlagerelemente, die in dieser Ausführung die gleiche Funktion wie das Antriebselement übernehmen, auf gegenüberliegenden Seiten der Antriebsspindel 4 eingreifen. **Fig. 2a** und **b** repräsentiert damit eine Ausführungsform mit zwei axialen Motoren und drei Antriebselementen (einschließlich der zwei Gleitlagerelemente) mit Innengewinde. Die zwei Gleitlagerelementen sind hier durch Elemente mit Innengewinde ersetzt, deren Umdrehung gekoppelt ist. Diese Ausführung ist konstruktiv etwas komplizierter, es kann jedoch auf die Gleitlagerelemente verzichtet werden und sowohl Trägheits- als auch Antriebskräfte greifen symmetrisch zur Antriebsspindel an, was bei hohen Geschwindigkeiten Schwingungen verhindern kann. Ein Vorteil liegt in der Verteilung der axialen Kraftübertragung auf zusätzliche Elemente mit Innengewinde, was aber mit einem kom-

plexeren Kupplungsmechanismus erkaufte werden muss.

[0050] Fig. 3a und **b** zeigt eine Ausführungsform mit nur einem Motor um die Antriebsspindel als Antriebsquelle sowie einem Kupplungselement zur lastabhängigen Umschaltung zwischen beiden Betriebsmodi. Der Rotor 8 überträgt seine rotierende Bewegung über Schraubenköpfe 14 in entsprechende Aussparung formschlüssig in die Hohlwelle 2. Anstelle des zweiten Motors sind schaltbare Kupplungen 15 und 16 (**Fig. 3b**) vorgesehen, die die Drehungen der Hohlwelle 2 und des Antriebselement 7 koppeln und allein über den Schaltzustand zwischen den beiden Betriebsmodi, d.h. zwischen unterschiedlichen Unterstellungen wechseln. Die Kupplung ist hier mit Magneten realisiert, die bis zum gewünschten Drehmoment als Mitnehmer zwischen Antriebselement mit Innengewinde 7 und Hohlwelle 2 dienen. Die Magnete sind in einem Ring 19 um die Hohlwelle 2 integriert und sind über eine axiale Bewegung dieses Rings verschiebbar. Dadurch ändert sich der Abstand der Magneten und damit das Drehmoment, bei dem die Kupplung schaltet. **Fig. 3a** und **b** repräsentieren in einer schematischen Darstellung damit eine Ausführungsform mit nur einer Antriebsquelle sowie einem Kupplungselement zur lastabhängigen Umschaltung zwischen beiden Betriebsmodi.

[0051] Vorzugsweise sind die vorgenannten Kupplungen 15 oder 16 als automatische Schaltkupplungen konzipiert, die bei einem vorgebbaren Drehmoment umschalten. Wenn diese Schaltkupplung z.B. ein richtungsabhängiger Freilauf ist, erhält man beispielsweise einen Mechanismus mit schneller Bewegung in eine Richtung und kräftige Bewegung in die andere Richtung.

[0052] Fig. 4a und **b** repräsentiert wieder eine Ausführungsform mit zwei Motoren, wobei der erste und/oder zweite Motor aber abseits zur Antriebsspindel 4 und dabei vorzugsweise außerhalb des Gehäuses 1 angeordnet sind. Die Rotoren 8 und 10 übertragen ihre Rotationsbewegung über Zahnradtriebe 17 bzw. 18 (alternativ Riementriebe) auf die Hohlwelle 2 bzw. das Gleitlagerelement 5. Diese Bauform bietet sich insbesondere für Motoren ohne Hohlwelle an. Durch die Trennung von Motor und Gehäuse lässt sich die Antriebsspindel vorzugsweise - wie dargestellt - über Gleitlager direkt im Gehäuse lagern.

[0053] In Maschinen mit hohen Anforderungen an die Dynamik und Bauraum (z.B. humanoider Roboter) lassen sich die Motoren der in **Fig. 4a** und **b** dargestellten Ausführungsform vorzugsweise vom Linearantriebsmechanismus entkoppelt anordnen, d.h. für die Realisierung eines besonders leichten und kompakten Linearantriebs außerhalb des Linearantriebsmechanismus verlegen, wobei die

Leistungsübertragung optional über flexible Wellen anstelle der dargestellten Zahnradgetriebe realisierbar ist.

[0054] Die Antriebsspindel 4 muss im Betriebszustand des Getriebes gegen Verdrehen gesichert sein. Dabei verfügt Getriebe über zwei Betriebsmodi mit zwei Untersetzungen und sowohl automatisch als auch gezielten Wechsel der Betriebsmodi:

- Betriebsmodus 1:

Wenn nur der zweite Motor (in den Längsschnitten A-A in **Fig. 1a**, **Fig. 2a** und **Fig. 4a**, jeweils links) angeschaltet ist, verhält sich das Getriebe wie ein normaler Spindeltrieb, d.h. das Antriebselement 7 dreht sich in der feststehenden Hohlwelle 2, wobei der Innengewindebereich des Antriebselements, der sich im Eingriff befindet, über das Außengewinde der Antriebsspindel 4 gleitet. Die Übersetzung wird dabei nur von der Antriebsspindelsteigung bestimmt.

- Betriebsmodus 2:

Wenn nur der erste Motor (in den Längsschnitten A-A in **Fig. 1a**, **Fig. 2a** und **Fig. 4a**, jeweils rechts) angeschaltet ist, dreht sich die Hohlwelle 2 um die Antriebsspindel, während das Antriebselement 7 und der 2. Motor sich im Verhältnis der Zykloidübersetzung mitdrehen. Die Drehachse des Antriebselements dreht sich mit der Hohlwelle um die Antriebsspindel. Dabei rollt das Antriebselement 7 mit seinem Innengewinde wie in einem Zykloidgetriebe mit einer Zykloidübersetzung über das Außengewinde der Antriebsspindel 4. Die Übersetzung der Antriebsspindel wird dabei mit der Übersetzung des Zykloidgetriebes multipliziert. Diese Übersetzung ist $i = d/(D-d)$ wobei d der effektive Durchmesser der Gewindestange und D der effektive Durchmesser des Antriebselements ist.

[0055] Ein Betriebsmodus lässt sich manuell oder gesteuert durch Aus- und Einschalten eines der Motoren einstellen.

[0056] Sind beide Motoren angeschaltet, erfolgt ein lastabhängiger Wechsel zwischen den beiden genannten Betriebsmodi und damit Untersetzungen. Wenn die Drehzahl des zweiten Motors durch ein höheres benötigtes Drehmoment bei einer höheren benötigten Stellkraft sinkt, übertrifft die durch die Übersetzung im Zykloidgetriebe reduzierte Drehzahl des ersten Motors ab einem Punkt die Drehzahl des zweiten Motors, womit ein Wechsel vom Betriebsmodus 1 in den Betriebsmodus 2 erfolgt. Das dann mit der Zykloidübersetzung umgesetzte Drehmoment wird auf das Antriebselement 7 übertragen und dort über die Gewindesteigung in eine Stellkraft umgewandelt. Dabei geht der Wirkmechanismus von

einem Gleiten der Antriebselement auf der Antriebsspindel mit hoher relativer Reibung (aber geringer absoluter Reibung durch niedriger Axialkraft, Betriebsmodus 1) zu einem Rollen des Antriebselements auf der Antriebsspindel mit geringer relativer Reibung (Betriebsmodus 2) über. Wenn beide Motoren eingeschaltet bleiben, ist der Schaltpunkt daher von der externen Kraft auf die Antriebsspindel abhängig - bei hoher Kraft ist die Getriebestufe mit hoher Übersetzung aktiv und bei niedriger Kraft die Getriebestufe mit niedriger Übersetzung.

[0057] Eine Ansteuerung beider Motoren bewirkt somit folgendes:

- Im Betriebsmodus 1:

Bei niedriger Kraft/Moment neigt der Mechanismus mit niedriger Untersetzung den Mechanismus mit hoher Untersetzung durch die Gleitbewegung in der Spindel zu überholen. Der Antrieb der Hohlwelle vermindert nur die Reibung indem er die Relativgeschwindigkeit durch den Rollanteil verringert.

- Im Betriebsmodus 2:

Beide Antriebe sind parallel geschaltet, wodurch sich die Antriebsmomente addieren, die jeweils generierten Vorschubgeschwindigkeiten aber zwangsläufig gleich sind. Das Antriebselement wandelt dieses addierte Drehmoment in Kraft um. Eine Selbsthemmung verhindert ein Gleitbewegung der Antriebsspindel im Antriebselement.

[0058] Die maximale Stellgeschwindigkeit der Antriebsspindel 4 ist immer proportional zur Geschwindigkeit des zweiten Motors (Betriebsmodus 1, geringere Untersetzung). Sollen für verschiedene Schaltzustände verschiedene Regelparameter verwendet werden, kann der Schaltzustand aus dem Verhältnis der Geschwindigkeit von erster Motor und zweiten Motor ermittelt werden.

[0059] Eine Umschaltung zwischen den Betriebsmodi verläuft in vorteilhafter Weise nicht abrupt, sondern fließend, d.h. in einem Übergangsbereich zwischen Wälzen und Gleiten des Innengewindes des Antriebselements auf dem Außengewinde der Antriebsspindel.

[0060] In Praxi wird vorgeschlagen, beide Motoren gemeinsam anzusteuern, wobei mittels einer individuellen Spannungs- oder Stromregelung (z.B. mit einem PID-Regler) die gewünschten Geschwindigkeiten je Motor separat oder gemeinsam einstellbar und regelbar sind. Bei einer Umschaltung zwischen den Betriebsmodi verändert sich jedoch die Regelstrecke und damit die Regelparameter. Es wird vorgeschlagen, für die beiden Betriebsmodi auch zwei verschiedene Sätze von Parametern vorzuhalten,

die dann z.B. in Abhängigkeit der Drehzahl oder der Belastung der beiden Motoren im Verhältnis zueinander verwendet werden. Wenn die Motoren sich im Verhältnis der Zykloidübersetzung drehen, stellt sich der Betriebsmodus 2 ein. Andererseits stellt sich der Betriebsmodus 1 dann ein, wenn sich der zweite Motor schneller dreht als der erste Motor. Bei gleicher Ansteuerung der Motoren kann anhand des Drehzahlverhältnisses der Betriebszustand detektiert werden.

[0061] Bei Schrittmotoren wird man vorzugsweise die Geschwindigkeiten für beide Motoren bis im Verhältnis der Zykloidübersetzung vorgeben. Sobald der schnellere Motor seine Maximalgeschwindigkeit erreicht hat, ist nur noch der langsamere Motor in seiner Geschwindigkeit steigerbar, wobei man sich in Betriebsmodus 1 befindet (und die Kraft begrenzt ist).

[0062] Die Auswahl der Antriebsspindelsteigung, Reibung und erforderlichen Motormoment erfolgt unter der Rahmenbedingung, dass die auf die Steilkraft der Antriebsspindel entgegenwirkende Gegenkraft nicht so groß ist, dass die Getriebeselbsthemmung zwischen Antriebsspindel und Motoren, insbesondere zu dem mit niedrigerer Übersetzung angebundenen zweiten Motor überwunden wird.

[0063] Die vorgenannte Kombination eines Zykloidgetriebes mit einer Antriebsspindel und zwei Motoren erlaubt folglich einen Wechsel zwischen zwei Getriebestufen mit sowohl automatischer als auch gesteuerter Umschaltmöglichkeit. Die Übersetzung im zweiten Betriebszustand ist höher als die im ersten Betriebszustand.

[0064] Der Linearantrieb zeichnet sich in vorteilhafter Weise durch einen einfachen Aufbau mit einem hohen Anteil von Standardkomponenten (Lagerungen, Antriebsspindel, Motoren etc.) aus. Die verbleibenden Komponenten wie das Antriebselement, die Hohlwelle oder Gleitlager können aus reibungsoptimiertem Kunststoff mit einfachen Mitteln, wie z.B. im 3D Druck Verfahren hergestellt werden, da die Anforderungen an die Genauigkeit relativ gering sind. Aufgrund der ausgedehnten Flächen, die für eine Kraftübertragung zur Verfügung stehen, sind dennoch hohe Kräfte vergleichbar mit Spindeltrieben mit Muttern aus tribologischen Kunststoffen möglich. Dies kommt einer Herstellung individueller und günstiger und leichter mehrgängiger Lineargetriebe sehr entgegen.

[0065] Bei allen dargestellten Ausführungsformen sind die individuell zu fertigenden Teile, insbesondere das Gehäuse, die Hohlwelle, Gleitlagerelemente und/oder das Antriebselement, im 3D-Drucker herstellbar sind und überwiegend (außer z.B. das Gehäuse in **Fig. 4a, b**) auch ohne Stützmaterial im

FDM 3D-Druck herstellbar. Dadurch eignet sich diese Ausführungsform besonders für eine günstige und anpassbare Fertigung in verschiedenen Baugrößen und Übersetzungen.

Bezugszeichenliste

1	Gehäuse
2	Hohlwelle
3	exzentrischen Lager
4	Antriebsspindel
5	Gleitlagerelement
6	Gleitlager / Gleitlagerelement
7	Antriebselement
8	Rotor des ersten Motors als erste Antriebsquelle
9	Stator des ersten Motors als erste Antriebsquelle
10	Rotor des zweiten Motors als zweite Antriebsquelle
11	Stator des zweiten Motors als zweite Antriebsquelle
12	Abschlussplatte des Gehäuses
13	Mitnehmerelement
14	Schraubenkopf
15	Kupplung zwischen Hohlwelle und Antriebselement
16	Kupplung zwischen Hohlwelle und Gleitlagerelement
17	Zahnradtrieb zwischen Rotor und Hohlwelle
18	Zahnradtrieb zwischen Rotor und Gleitlagerelement
19	Ring mit Magneten

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

- DE 9413740 U1 [0005]
- EP 1877677 B1 [0005]
- EP 0529521 B1 [0006]
- DD 211768 A5 [0007, 0008]
- EP 0776285 B1 [0007, 0009]
- DE 01057411 B [0010]
- DE 102013015257 B3 [0011]
- CH 647306 A5 [0012]
- DE 102007059457 A1 [0013]

Patentansprüche

1. Linearantrieb mit zwei Untersetzungsstufen, umfassend:

- a) eine Antriebsspindel (4) mit einem Außengewinde,
- b) ein Gehäuse (1), konzentrisch um die Antriebsspindel angeordnet,
- c) eine im Gehäuse um die Antriebsspindel konzentrisch rotatorisch gelagerte und durch eine erste Antriebsquelle (8, 9) antreibbare Hohlwelle (2),
- d) ein in der Hohlwelle mit einem exzentrischen Versatz zur Antriebsspindel rotatorisch gelagertes und durch eine zweite Antriebsquelle (10, 11) antreibbares Antriebselement (7) mit Innengewinde sowie
- e) Gleitlagerelemente (6) zur axialen Führung der Antriebsspindel, wobei
- f) die Gewinde von Antriebsspindel und Antriebselement ein gleiches Gewindemodul aufweisen,
- g) der Gewindeinnendurchmesser des Antriebselements größer als der Gewindeaußendurchmesser der Antriebsspindel ist,
- h) der exzentrische Versatz so eingestellt ist, dass das Innengewinde des Antriebselements nur einseitig in das Außengewinde der Antriebsspindel eingreift sowie
- i) die zweite Antriebsquelle einen Überlastschutz mit einer Leistungsbegrenzung oder einer Abschaltung aufweist.

2. Linearantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste und die zweite Antriebsquelle (8, 9, 10, 11) jeweils einen ersten bzw. zweiten Motor, vorzugsweise Elektromotor, Getriebemotor oder Schrittmotor umfassend.

3. Linearantrieb nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste und zweite Motor jeweils konzentrisch zur Antriebsspindel (4) angeordnet sind.

4. Linearantrieb nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Motor jeweils einen im Gehäuse (1) fest eingebauten Stator (9, 11) und um die Antriebsspindel (4) angeordneten Rotor (8, 10) aufweisen.

5. Linearantrieb nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass Gleitlagerelemente zur axialen Führung der Antriebsspindel (4) in jeweils einer Bohrung konzentrisch in den Rotoren (8, 10) angeordnet oder durch die Innenwandungen der Bohrungen gebildet sind.

6. Linearantrieb nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste und/oder zweite Motor abseits zur Antriebsspindel (4) und dabei vorzugsweise außerhalb des Gehäuse (1) angeordnet sind, wobei die beiden Motoren vorzugsweise über Zahnrad- oder Riementriebe (17, 18) und/oder mit-

tels flexibler Wellen an die Hohlwelle (2) bzw. das Antriebselement (7) gekoppelt sind.

7. Linearantrieb nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rotoren (8, 10) des ersten und zweiten Motors jeweils mit Übertragungsmitteln (5, 13, 14) an die Hohlwelle (2) bzw. dem Antriebselement (7) um die Antriebsspindel (4) drehbar gekoppelt sind.

8. Linearantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste und die zweite Antriebsquelle ein erstes bzw. ein zweites Antriebsmittel umfasst, wobei beide Antriebsmittel durch einen gemeinsamen motorischen Antrieb mit nur einem Motor und Übertragungsmitteln antreibbar sind, wobei der Überlastschutz der zweiten Antriebsquelle eine Schaltkupplung, vorzugsweise einen Freilauf oder eine aktiv schaltbare Kupplung, umfasst.

9. Linearantrieb nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antriebsspindel (4) eine Verdrehsicherung gegenüber dem Gehäuse (1) aufweist und nur axial im Gehäuse bewegbar gelagert ist.

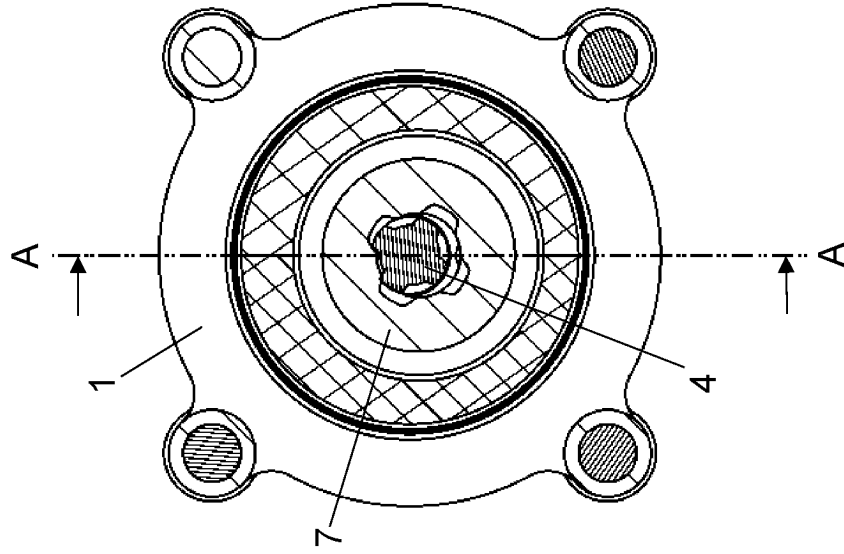
10. Linearantrieb nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Antriebselement eine Mutter oder mehrere in Reihe fest miteinander gekoppelte Muttern oder andere Elemente mit Innengewinde mit exzentrischer Gewindebohrung umfasst.

11. Linearantrieb nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gleitlagerelemente (6) zur axialen Führung der Antriebsspindel (4) zwei in der Hohlwelle (2) konzentrisch drehbar gelagerte Gleitlagerschalen umfassen.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1b



Schnitt B-B

Fig. 1a

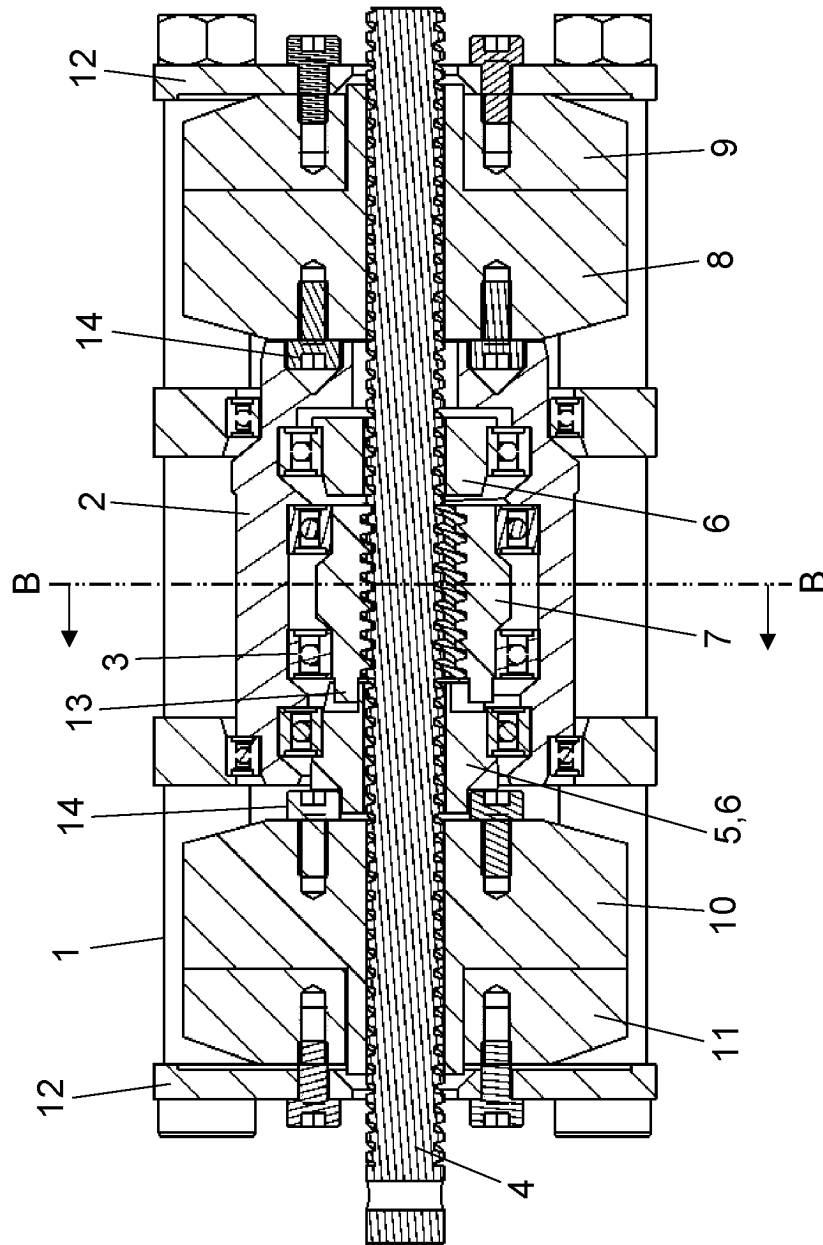
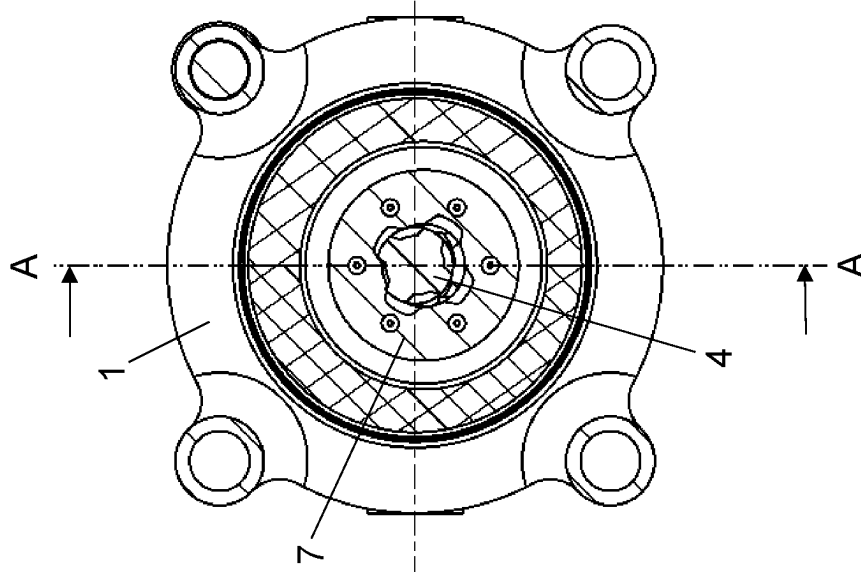
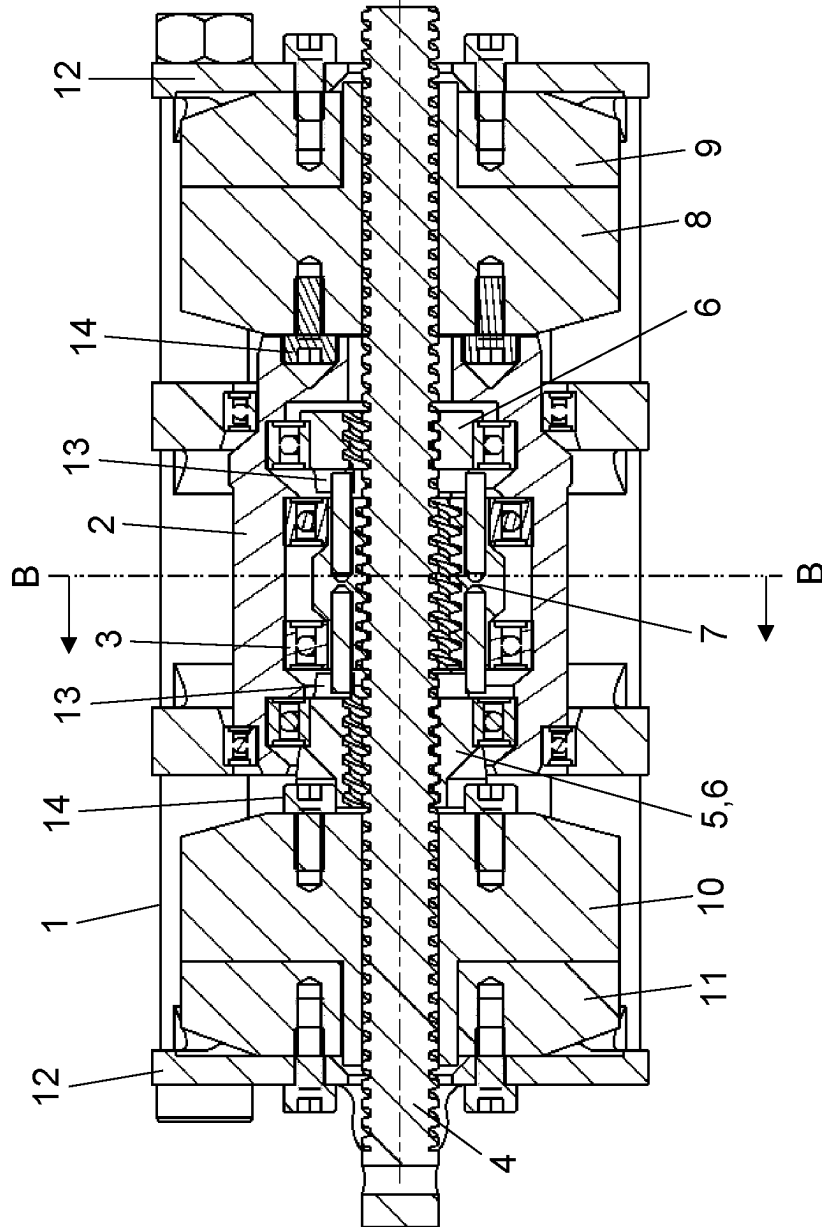


Fig. 2b



Schnitt B-B

Fig. 2a



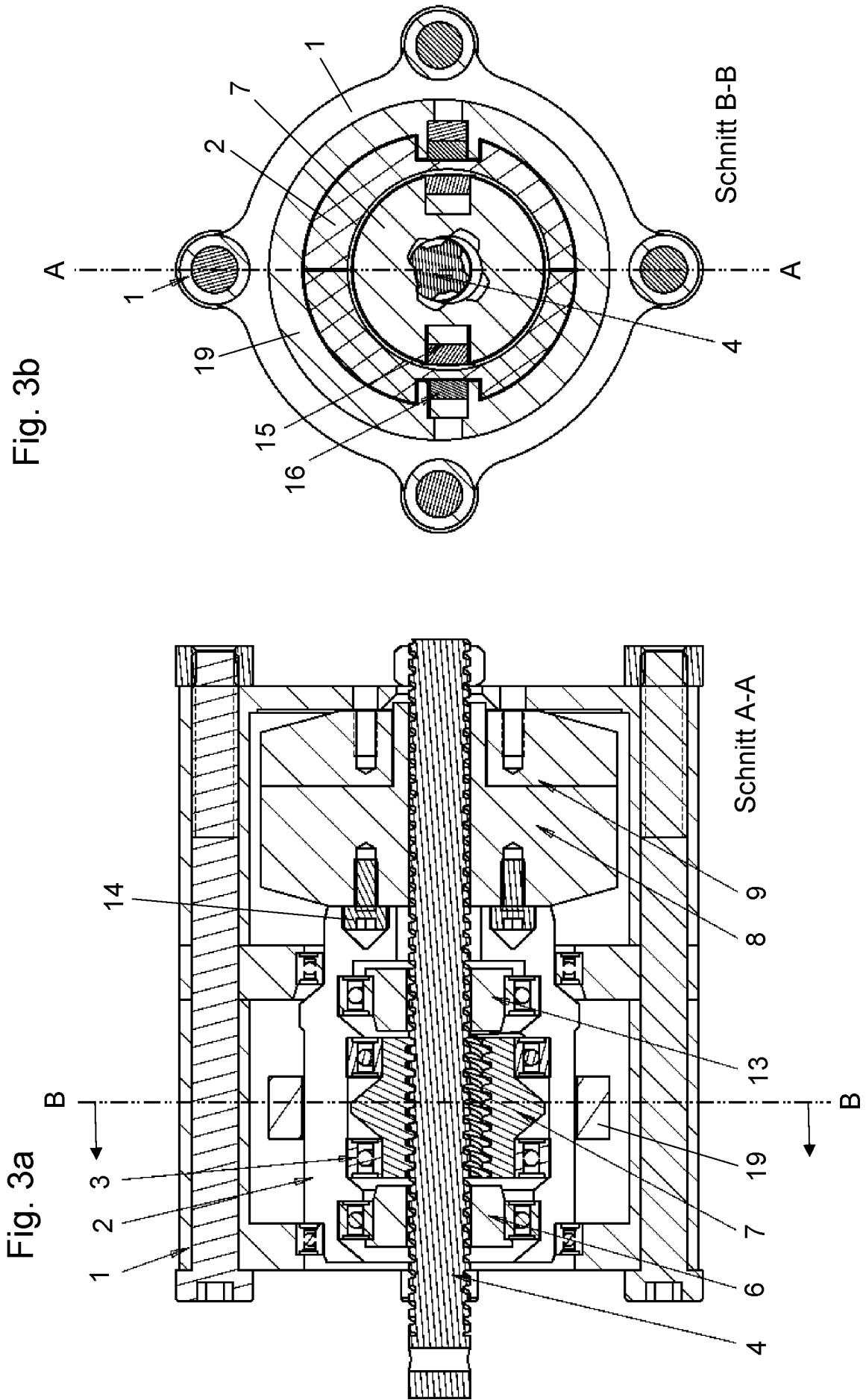


Fig. 3b

Fig. 3a

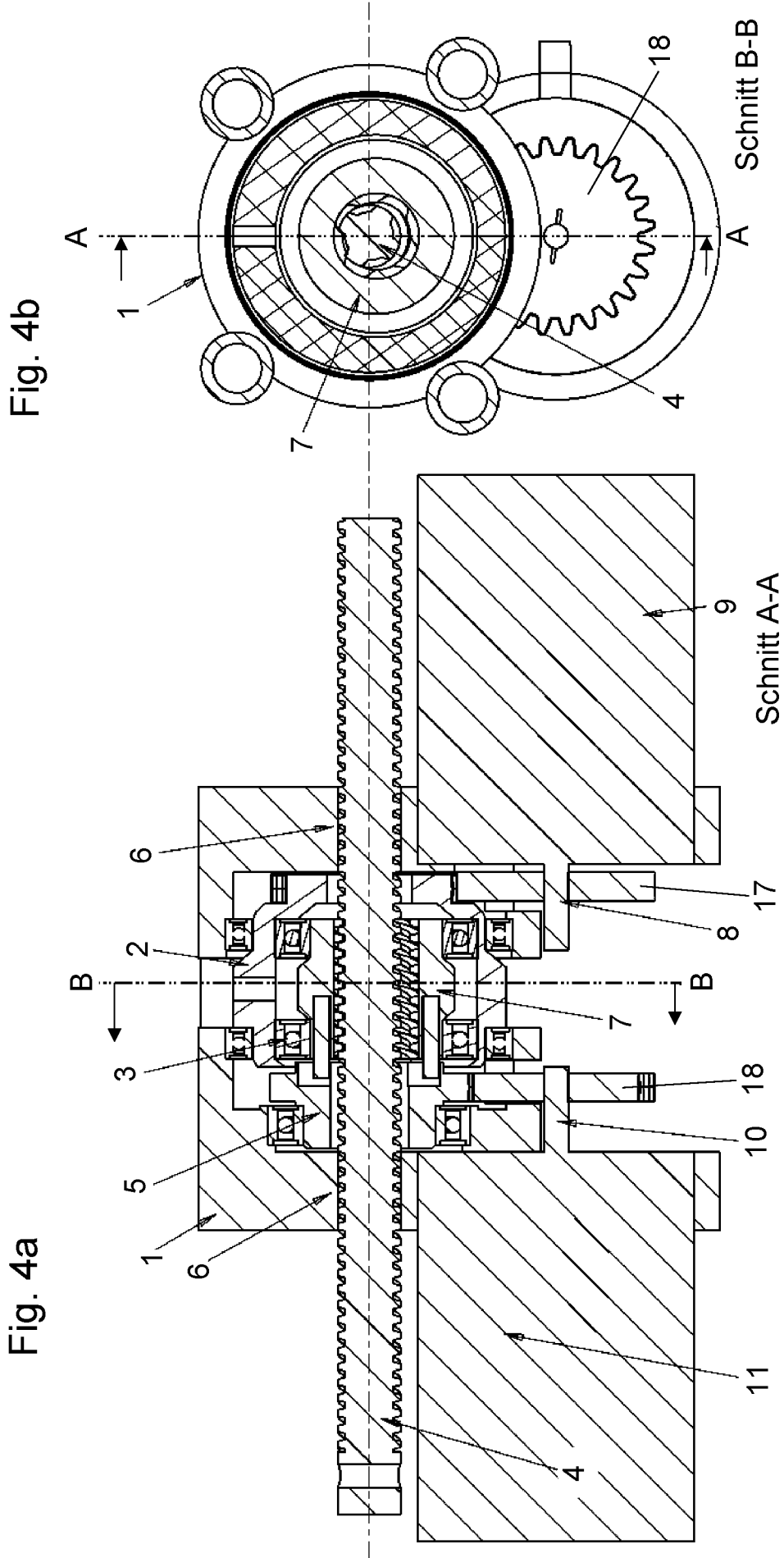


Fig. 4b

Fig. 4a