

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 60002/2023 (51) Int. Cl.: **F16H 19/04** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 03.01.2023 **F16H 49/00** (2006.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.05.2024 **B66C 23/70** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 3136552 A1
DE 102016208773 A1
EP 4033122 A1
US 2012204674 A1
DE 202004019021 U1

(71) Patentanmelder:
Gear Systems GmbH
5202 Neumarkt am Wallersee (AT)

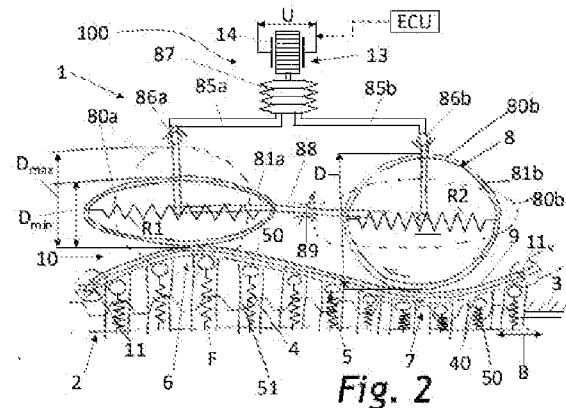
(72) Erfinder:
Hartl Johann Dipl.-Ing.
5302 Henndorf (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.-Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) **LINEARANTRIEB**

(57) Die Erfindung betrifft einen Linearantrieb (1) für ein linear verschiebbares angetriebenes Element (2), mit zumindest einem linearen Spannungswellengetriebe (10), wobei das angetriebene Element (2) in einem Führungskörper (3) in zumindest einer Bewegungsrichtung (B) verschiebbar gelagert ist und eine Zahnstange (4) mit konstanter Teilung aufweist, wobei der Zahnstange (4) ein eine Antriebsverzahnung (5) aufweisendes Antriebselement (6) mit konstanter Teilung gegenüberliegend angeordnet ist, wobei zwischen der Teilung der Zahnstange (4) und der Teilung der Antriebsverzahnung (5) eine Teilungsdifferenz besteht, wobei die Antriebsverzahnung (5) an zumindest einer lokalen Eingriffsstelle (7) derart mit der Zahnstange (4) in Verzahnungseingriff bringbar ist, dass die Eingriffsstelle (7) kontinuierlich in Bewegungsrichtung (B) des angetriebenen Elementes (2) verschoben wird, wobei die Antriebsverzahnung (5) mittels eines Eingriffsantriebs (8) mit normal zur Bewegungsrichtung (B) des angetriebenen Elementes verlaufender Wirkrichtung an der jeweiligen Eingriffsstelle (7) in Eingriff mit der Zahnstange (4) des angetriebenen Elementes (2) bringbar ist.

Eine Übertragung von großen Kräften mit hohem Wirkungsgrad und minimalem Bauraum wird ermöglicht, wenn zumindest ein Eingriffsantrieb (8) zumindest eine Steuerrolle (80; 80a, 80b) mit formveränderlichen Umfang (U) aufweist.



Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft einen Linearantrieb (1) für ein linear verschiebbares angetriebenes Element (2), mit zumindest einem linearen Spannungswellengetriebe (10), wobei das angetriebene Element (2) in einem Führungskörper (3) in zumindest einer Bewegungsrichtung (B) verschiebbar gelagert ist und eine Zahnstange (4) mit konstanter Teilung aufweist, wobei der Zahnstange (4) ein eine Antriebsverzahnung (5) aufweisendes Antriebselement (6) mit konstanter Teilung gegenüberliegend angeordnet ist, wobei zwischen der Teilung der Zahnstange (4) und der Teilung der Antriebsverzahnung (5) eine Teilungsdifferenz besteht, wobei die Antriebsverzahnung (5) an zumindest einer lokalen Eingriffsstelle (7) derart mit der Zahnstange (4) in Verzahnungseingriff bringbar ist, dass die Eingriffsstelle (7) kontinuierlich in Bewegungsrichtung (B) des angetriebenen Elementes (2) verschoben wird, wobei die Antriebsverzahnung (5) mittels eines Eingriffsantriebs (8) mit normal zur Bewegungsrichtung (B) des angetriebenen Elementes verlaufender Wirkrichtung an der jeweiligen Eingriffsstelle (7) in Eingriff mit der Zahnstange (4) des angetriebenen Elements (2) bringbar ist.

Eine Übertragung von großen Kräften mit hohem Wirkungsgrad und minimalem Bauraum wird ermöglicht, wenn zumindest ein Eingriffsantrieb (8) zumindest eine Steuerrolle (80; 80a, 80b) mit formveränderlichen Umfang (U) aufweist.

Fig. 2

Die Erfindung betrifft einen Linearantrieb für ein linear verschiebbares angetriebenes Element, mit zumindest einem linearen Spannungswellengetriebe, wobei das angetriebene Element in einem Führungskörper in zumindest einer Bewegungsrichtung verschiebbar gelagert ist und eine Zahnstange mit konstanter Teilung aufweist, wobei der Zahnstange ein eine Antriebsverzahnung aufweisendes Antriebselement mit konstanter Teilung gegenüberliegend angeordnet ist, wobei zwischen der Teilung der Zahnstange und der Teilung der Antriebsverzahnung eine Teilungsdifferenz besteht, wobei die Antriebsverzahnung an zumindest einer lokalen Eingriffsstelle derart mit der Zahnstange in Verzahnungseingriff bringbar ist, dass die Eingriffsstelle kontinuierlich in Bewegungsrichtung des angetriebenen Elementes verschoben wird, wobei die Antriebsverzahnung mittels eines Eingriffsantriebs mit normal zur Bewegungsrichtung des angetriebenen Elementes verlaufender Wirkrichtung an der jeweiligen Eingriffsstelle in Eingriff mit der Zahnstange des angetriebenen Elements bringbar ist. Weiters betrifft die Erfindung einen Teleskopausleger mit zumindest zwei Teleskopstufen, wobei eine nachfolgende Teleskopstufe in einer vorgehenden Teleskopstufe verschiebbar gelagert ist, mit zumindest einem Linearantrieb zum Antrieb zumindest einer Teleskopstufe.

Teleskopausleger beispielsweise von Ladekränen werden üblicherweise mittels Hydraulikzylinder translatorisch bewegt. Nachteilig ist, dass Hydraulikzylindereinheiten relativ viel Bauraum in Anspruch nehmen und dass die translatorische Bewegung durch die Hydraulikzylinder begrenzt ist.

Aus der DE 31 36 552 A1 ist ein als lineares Spannungswellengetriebe ausgebildeter Linearantrieb für einen in einem Grundgestell längsverschiebbaren Schlitten bekannt. Eine im Grundgestell gelagerte, an einer biegsamen Zahnstange ausgebildete Antriebsverzahnung wird an jeweils einer Eingriffsstelle durch einen Eingriffsantrieb mit elektromagnetisch, pneumatisch oder hydraulisch betätigbaren Stellelemente in Eingriff mit der Schlittenzahnstange bewegt. Die Eingriffsstelle wandert dabei in Längsrichtung. Zwischen der Teilung der Schlittenzahnstange und der Teilung der Antriebsverzahnung besteht eine Teilungsdifferenz. Derartige Linearantriebe werden auch als linear Harmonic Drive bezeichnet.

Die DE 10 2016 208 773 A1 beschreibt einen piezohydraulischen Aktor, der als ein vier Kammern aufweisendes System ausgebildet ist. Eine erste Kammer ist ein von

einem Piezoaktor bewegbarer mit einer Hydraulikflüssigkeit gefüllter Antriebsbalg, der über ein Rückschlagventil hydraulisch mit einer als Hydraulikzylinder ausgebildeten zweiten Kammer verbunden ist, dessen Gehäuse und dessen Hydraulikkolben mit einem eine dritte Kammer ausbildenden Abtriebsbalg mechanisch gekoppelt sind. Der Antriebsbalg ist über ein zweites Rückschlagventil hydraulisch mit einer mit der Hydraulikflüssigkeit gefüllten vierten Kammer als Reservoir verbunden, welche über ein drittes Rückschlagventil mit dem Abtriebsbalg verbunden ist. Weiters ist der Hydraulikzylinder über ein viertes Rückschlagventil hydraulisch mit dem Abtriebsbalg verbunden.

Aufgabe der Erfindung ist es einen Linearantrieb insbesondere für Teleskopausleger bereitzustellen, welcher die Übertragung von hohen Kräften mit hohem Wirkungsgrad ermöglicht und möglichst geringen Bauraum in Anspruch nimmt.

Erfindungsgemäß wird die Lösung der Aufgabe mit einem Linearantrieb der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass zumindest ein Eingriffsantrieb zumindest eine Steuerrolle mit formveränderlichen Umfang aufweist.

Vorzugsweise weist der Eingriffsantrieb zumindest zwei in Bewegungsrichtung nebeneinander angeordnete Steuerrollen auf, wobei jede Steuerrolle einen formveränderlichen Umfang aufweist.

Dies ermöglicht eine äußerst kompakte Ausführung des Eingriffsantriebes.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass ein normal zur Bewegungsrichtung des angetriebenen Elementes gemessener Durchmesser zumindest einer Steuerrolle zwischen einem definierten Minimalwert und einem definierten Maximalwert veränderbar ist.

In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass der Umfang der Steuerrolle piezohydraulisch veränderbar ist.

Eine besonders kompakte Ausführung der Erfindung sieht vor, dass der Umfang der Steuerrolle durch eine hydraulische Kolbeneinheit veränderbar ist. Im drucklosen Zustand weist die Steuerrolle eine elliptische Grundform auf. Die elliptische Grundform wird durch zumindest eine eine Rückstellkraft erzeugende Feder oder durch eine Gedächtnislegierung der Steuerrolle vorgegeben. Wird die hydraulische

Kolbeneinheit mit Druck beaufschlagt, nimmt die Steuerrolle eine kreisähnliche bzw. kreiszylinderähnliche Form ein. Alternativ dazu kann auch vorgesehen sein, dass zumindest eine Steuerrolle als Druckbehälter ausgebildet ist oder einen Druckbehälter beinhaltet, wobei zumindest eine Behälterwand des Druckbehälters, vorzugsweise ein Mantel des Druckbehälters, flexibel ausgebildet ist. Der Druckbehälter weist im drucklosen Zustand eine – beispielsweise durch eine Gedächtnislegierung vorgegebene elliptische Grundform auf. Im druckbelasteten Zustand nimmt der Druckbehälter in Folge der radial auf den Mantel wirkenden Druckkräfte zumindest annähernd eine Kugelform ein, wodurch sich der normal zur Bewegungsrichtung gemessene Durchmesser auf den definierten Maximalwert vergrößert. Dadurch wird die Antriebsverzahnung an der lokalen Eingriffsstelle derart mit der Zahnstange in Verzahnungseingriff gebracht, dass in Folge der Teilungsdifferenz zwischen der starren Zahnstange und der Antriebsverzahnung die Eingriffsstelle kontinuierlich in Bewegungsrichtung des angetriebenen Elementes verschoben wird.

Günstigerweise ist zumindest eine Steuerrolle durch einen flexiblen Rundstab oder Ring – ähnlich einem rotatorischen Spannungswellengetriebe (Harmonic Drive) – gebildet. Zur Definierung der elliptischen Grundform ist es vorteilhaft, wenn der flexible Rundstab oder Ring eine aus einer sogenannten Formgedächtnislegierung bestehende Schicht aufweist. Zur Minimierung des Verschleißes ist es vorteilhaft, wenn die Steuerrolle zumindest am äußeren Umfang einen Faserverbundwerkstoff, beispielsweise eine Kohlenstofffaser-Verbundwerkstoff aufweist.

Weiters ist es vorteilhaft, wenn zumindest ein Antriebselement eine Formgedächtnislegierung aufweist. Das Antriebselement kann somit eine sinuswellenförmige Grundform mit einem Wellenberg und einem Wellental aufweisen. Im Bereich des Wellenberges – also etwa im Bereich eines Viertels der Länge des Antriebselementes – ist die Steuerrolle angeordnet. Im drucklosen Zustand ist das Antriebselement im Bereich der Steuerrolle nicht im Zahneingriff mit der starren Zahnstange. Das Wellental definiert eine Ruhe-Eingriffsstelle, bei der die Antriebsverzahnung im drucklosen Zustand der Steuerrolle gegen die starre Zahnstange gedrückt wird. Sobald die Steuerrolle durch Druckbeaufschlagung und Formänderung seinen quer zur Bewegungsrichtung gemessenen Durchmesser auf den maximalen Wert vergrößert drückt es auf den Wellenberg des Antriebselementes, wodurch das an beiden Enden eingespannte Antriebselement in

seine zweite stabile Lage umklappt: Der Wellenberg der Grundform wird zum Wellental und drückt die Antriebsverzahnung gegen die starre Zahnstange. Das Wellental der Grundform wird zum Wellenberg und hebt dadurch im Bereich der Ruhe-Eingriffsstelle die Antriebsverzahnung von starren Zahnstange.

Günstigerweise ist vorgesehen, dass zumindest ein Antriebselement ein Antriebstrum, vorzugsweise ein Rollenkette, aufweist. Die Verwendung einer Rollenkette als Antriebstrum ermöglicht eine hohe Belastbarkeit und lange Lebensdauer.

In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass zumindest ein Antriebselement ein biegeelastisches Band aufweist, welches über zumindest ein Verbindungselement mit dem Antriebstrum verbunden ist, wobei vorzugsweise das biegeelastische Band an den Enden über Drehpunkte gelagert und/oder wellenförmig vorgespannt ist.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn das biegeelastische Band eine Formgedächtnislegierung aufweist, wobei vorzugsweise nur ein einziger Eingriffsantrieb – vorzugsweise im Bereich eines Viertels der Länge des Bandes - mit dem elastischen Band wirkverbunden ist. Wird für das biegeelastische Band eine Formgedächtnislegierung verwendet, so reicht eine einzige Steuerrolle zur Betätigung des Antriebselementes aus, da sich das Antriebselement im drucklosen Zustand der Steuerrolle wieder in seine durch die Formgedächtnislegierung definierte Ausgangslage zurück verformt.

Um eine einfache Nachrüstung und Anpassung an den jeweiligen Anwendungsfall zu ermöglichen, ist es vorteilhaft, wenn der Linearantrieb mindestens eine Antriebseinheit aufweist, wobei die Antriebseinheit zumindest ein Antriebselement, zumindest einen Eingriffsantrieb und eine Drucksteuereinheit mit zumindest einen Piezoaktuator und zumindest einem Antriebsbalg aufweist. Die Antriebseinheiten können modulartig eingesetzt und einfach appliziert werden. Die Zahl der Antriebseinheiten kann somit an die Maximalbelastung des vorgesehenen Einsatzes angepasst werden. Somit ist der Linearantrieb auch zur Aufbringung von größeren Kräften – beispielsweise für Teleskopausleger - geeignet.

Eine Ausführung der Erfindung sieht vor, dass zumindest eine Antriebseinheit zumindest zwei Antriebselemente – beispielsweise zwei Antriebstrume – aufweist,

wobei insbesondere pro Antriebselement zumindest ein – vorzugsweise nur ein – durch eine Steuerrolle gebildeter Eingriffsantrieb vorgesehen ist. Durch Einsatz von mehreren Antriebselementen pro Antriebseinheit lässt sich eine gleichmäßige lineare Bewegung und hohe axiale Schiebekräfte erzielen.

Der Linearantrieb eignet sich besonders vorteilhaft für einen Teleskopausleger mit zumindest zwei Teleskopstufen, wobei eine nachfolgende Teleskopstufe in einer vorgehenden Teleskopstufe verschiebbar gelagert ist. Dabei ist im Rahmen der Erfindung vorgesehen, dass der Linearantrieb zumindest ein lineares Spannungswellengetriebe aufweist und zumindest eine Teleskopstufe in einem durch eine benachbarte Teleskopstufe gebildeten Führungskörper in zumindest einer Bewegungsrichtung verschiebbar gelagert ist und zumindest eine Zahnstange mit konstanter Teilung aufweist, wobei der Zahnstange ein eine Antriebsverzahnung aufweisendes Antriebselement mit konstanter Teilung gegenüberliegend in der benachbarten Teleskopstufe angeordnet ist, wobei zwischen der Teilung der Zahnstange und der Teilung der Antriebsverzahnung eine Teilungsdifferenz besteht, wobei die Antriebsverzahnung an zumindest einer lokalen Eingriffsstelle derart mit der Zahnstange in Verzahnungseingriff bringbar ist, dass die Eingriffsstelle kontinuierlich in Bewegungsrichtung des angetriebenen Elementes verschoben wird, wobei die Antriebsverzahnung mittels eines Eingriffsantriebs mit normal zur Bewegungsrichtung des angetriebenen Elementes verlaufender Wirkrichtung an der jeweiligen Eingriffsstelle in Eingriff mit der Zahnstange des angetriebenen Elements bringbar ist.

In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist Dabei vorgesehen, dass zumindest ein lineares Spannungswellengetriebe mindestens eine als Modul ausgebildete Antriebseinheit aufweist, wobei die Antriebseinheit zumindest ein - vorzugsweise durch ein Antriebstrum gebildetes - Antriebselement, zumindest einen Eingriffsantrieb und eine Drucksteuereinheit mit zumindest einen Piezoaktuator und zumindest einem Antriebsbalg aufweist.

Vorzugsweise bildet die vorgehende Teleskopstufe den Führungskörper und weist zumindest eine Antriebsverzahnung auf, wobei die nachfolgende Teleskopstufe zumindest eine starre Zahnstange aufweist. Alternativ dazu kann auch vorgesehen sein, dass die vorgehende Teleskopstufe zumindest eine starre Zahnstange aufweist

und die nachfolgende Teleskopstufe den Führungskörper bildet und zumindest eine Antriebsverzahnung aufweist.

Zum Aufbringen von hohen Schiebekräften ist es vorteilhaft, wenn zumindest eine Teleskopstufe mehrere Antriebsverzahnungen aufweist, die mit zumindest einer starren Zahnstange der nachfolgende oder vorhergehenden Teleskopstufe zusammenwirken.

Für eine einfache Fertigung und Wartung ist es vorteilhaft, wenn zumindest eine Antriebsverzahnung und zumindest eine starre Zahnstange außerhalb des Auslegergrundkörpers oder außerhalb von aufeinanderfolgenden Teleskopstufen des Teleskopauslegers angeordnet sind.

Alternativ dazu kann auch vorgesehen sein, dass zumindest eine Antriebsverzahnung und zumindest eine starre Zahnstange innerhalb des Auslegergrundkörpers oder innerhalb von aufeinanderfolgenden Teleskopstufen des Teleskopauslegers angeordnet sind. Dies ermöglicht es Bauraum einzusparen. Ein weiterer Vorteil ist, dass Komponenten vor Beschädigung und Verschmutzung geschützt sind.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der in den nicht einschränkenden Fig. gezeigten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Darin zeigen schematisch:

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Linearantrieb in einer ersten Ausführungsvariante,

Fig. 2 einen erfindungsgemäßen Linearantrieb in einer zweiten Ausführungsvariante,

Fig. 3 einen erfindungsgemäßen Linearantrieb in einer Ausführungsvariante,

Fig. 4 einen erfindungsgemäßen Teleskopausleger in einer Ausführungsvariante,

Fig. 5 das Detail V des Teleskopausleger aus Fig. 6,

Fig. 6 ein Detail einer erfindungsgemäßen Linearantrieb in einer Ausführungsvariante in einer axonometrischen Darstellung,

Fig. 7 eine Antriebseinheit eines erfindungsgemäßen Linearantrieb in einer Ausführungsvariante in einer axonometrischen Darstellung,

Fig. 8 einen erfindungsgemäßen Teleskopausleger mit einer Antriebseinheit aus Fig. 5 in einer axonometrischen Darstellung,

Fig. 9 eine Antriebseinheit eines erfindungsgemäßen Linearantrieb in einer Ausführungsvariante in einer axonometrischen Darstellung,

Fig. 10 einen erfindungsgemäßen Teleskopausleger mit einer Antriebseinheit aus Fig. 9 in einer axonometrischen Darstellung,

Fig. 11 den Teleskopausleger aus Fig. 10 in einer weiteren axonometrischen Darstellung,

Fig. 12 und 13 schematisch eine Antriebstrumanordnung eines erfindungsgemäßen Linearantriebes in einer Seitenansicht,

Fig. 14 die Verfahrswege der Teleskopstufen eines erfindungsgemäßen Teleskopauslegers über der Zeit,

Fig. 15 und 16 einen erfindungsgemäßen Teleskopausleger in einer Ausführungsvariante in axonometrischen Darstellungen,

Fig. 17 und 18 den Auslegergrundkörper des Teleskopauslegers aus Fig. 15 und 16 in axonometrischen Darstellungen,

Fig. 19 und 20 die erste Teleskopstufe dieses Teleskopauslegers in axonometrischen Darstellungen,

Fig. 21 und 22 die zweite Teleskopstufe dieses Teleskopauslegers in axonometrischen Darstellungen, und

Fig. 23 und 24 die dritte Teleskopstufe dieses Teleskopauslegers in axonometrischen Darstellungen.

Der in Fig. 1 und 2 schematisch dargestellte erfindungsgemäße Linearantrieb 1 für ein linear verschiebbares angetriebenes Element 2 weist zumindest ein lineares Spannungswellengetriebe (10) auf. Das angetriebene Element 2, beispielsweise eine Teleskopstufe 21, 22, 23, 24 eines Teleskopauslegers 200, ist in einem Führungskörper 3 – beispielsweise einem Auslegergrundkörper 20, in zumindest einer Bewegungsrichtung B verschiebbar gelagert. Das lineare Spannungswellengetriebe 10 des Linearantriebes 1 weist eine fest mit dem angetriebenen Element 2 verbundene starre Zahnstange 4 mit konstanter Teilung auf, wobei gegenüberliegend zur starren Zahnstange 4 ein eine Antriebsverzahnung 5 aufweisendes Antriebselement 6 mit konstanter Teilung angeordnet ist. Zwischen der Teilung der starren Zahnstange 4 und der Teilung der Antriebsverzahnung 5 besteht eine Teilungsdifferenz. Die Antriebsverzahnung 5 ist an zumindest einer lokalen Eingriffsstelle 7 derart mit der starren Zahnstange 4 in einen Verzahnungseingriff bringbar, dass die Eingriffsstelle 7 kontinuierlich in Bewegungsrichtung B des angetriebenen Elementes 2 verschoben wird. Die Antriebsverzahnung 5 ist mittels eines Eingriffsantriebs 8 mit normal zur Bewegungsrichtung B des angetriebenen Elementes 2 verlaufender Wirkrichtung an der jeweiligen Eingriffsstelle 7 in Eingriff mit der starren Zahnstange 4 des angetriebenen Elementes 2 bringbar.

Das Antriebselement 6 kann beispielsweise ein biegsames Antriebstrum 9 sein. Das Antriebstrum 9 kann beispielsweise eine elastische Antriebszahnstange, eine Rollenkette 53 oder ein Antriebsband sein. Die Antriebsverzahnung 5 kann dabei durch Zähne der Antriebszahnstange, durch Glieder der Rollenkette 53 oder durch geführte Rollen 50 oder Stäbe gebildet sein, welche durch ein elastisches Band 60 normal zur Bewegungsrichtung B ausgelenkt werden. Insbesondere kann das Antriebselement 6 aus einer Formgedächtnislegierung bestehen oder eine Formgedächtnislegierung aufweisen, wodurch nach Auslenkung immer wieder eine vordefinierte Grundform eingenommen wird.

Bei den in Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten Ausführungen ist die Antriebsverzahnung 5 jeweils durch Rollen 50 gebildet, welche in Führungen 51 normal zur Bewegungsrichtung B verschiebbar gelagert sind. Die in den Führungen 51 geführten Rollen 50 werden im Bereich der Eingriffsstelle 7 durch das als Antriebsband ausgebildete Antriebstrum 9 in die Zahnzwischenräume 40 der starren Zahnstange 4 gedrückt. Die Rollen 50 können mit dem Antriebstrum 9

verbunden oder getrennt zu diesem ausgeführt sein. In letzterem Fall ist es vorteilhaft, wenn jede Rolle 50 durch eine in Fig. 1 und 2 durch Bezugszeichen F angedeutete Federkraft gegen das Antriebstrum 9 gepresst wird, sodass die Rollen 50 außerhalb der Eingriffsstelle 7 eine Ruheposition außerhalb der Zahnzwischenräume 40 einnehmen. Die Federkraft F kann durch separate Federn oder durch die Eigenspannung des insbesondere eine Formgedächtnislegierung aufweisenden Antriebstrumes 9 gebildet sein, wenn die Rollen 50 mit dem Antriebstrum 9 verbunden sind.

Die Antriebsverzahnung 5 ist mittels des Eingriffsantriebs 8 mit senkrecht zur Bewegungsrichtung B verlaufender Wirkrichtung an der jeweiligen Eingriffsstelle 7 in Zahneingriff mit der starren Zahnstange 4 bringbar. Dadurch wird in konstruktiv einfacher Weise die Möglichkeit geschaffen, die Eingriffsstelle 7 kontinuierlich zu verschieben, indem die Antriebsverzahnung 5 durch das biegsame Antriebstrum 9 jeweils nur an einer Eingriffsstelle 7 in Eingriff mit der starren Zahnstange 4 bewegt wird. Durch die unterschiedliche Teilung zwischen der starren Zahnstange 4 und der Antriebsverzahnung 5 wird eine Verschiebekraft in Bewegungsrichtung B auf das angetriebene Element 2 ausgeübt. Das Antriebstrum 9 ist im Führungskörper 3 eingespannt und in den Drehpunkten 11 drehbar gelagert.

Bei den in den Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungsvarianten der Erfindung weist der Eingriffsantrieb 8 zumindest zwei in Bewegungsrichtung B nebeneinander angeordnete Steuerrollen 80a, 80b auf, wobei jede Steuerrolle 80a, 80b einen formveränderlichen Umfang aufweist. Der Umfang U jeder Steuerrolle 80a, 80b wird durch einen flexiblen Ring 81a, 81b gebildet, welcher beispielsweise aus einem Faserverbundwerkstoff, insbesondere einem Kohlenstofffaser-Verbundwerkstoff besteht. Ein normal zur Bewegungsrichtung B des angetriebenen Elementes 2 gemessener Durchmesser D zumindest einer Steuerrolle 80a, 80b kann zwischen einem definierten Minimalwert D_{\min} und einem definierten Maximalwert D_{\max} verändert werden. Die Veränderung des Umfanges jeder Steuerrolle 80a, 80b erfolgt piezohydraulisch durch eine Drucksteuereinheit 100.

Die Drucksteuereinheit 100 weist zumindest einen Piezoaktuator 13, einen Antriebsbalg 87, Leitungen 85a, 85b und Rückschlagventile 86a, 86b auf. Die Ansteuerung und Regelung des Piezoaktuators 13 erfolgt durch eine elektronische Steuereinheit ECU (siehe Fig. 1 und 2).

Die von dem Piezoaktuator 13 verdrängte Menge an Fluid dient dazu, um den flexiblen Rundstab bzw. Ring 81 von einer elliptischen Grundform in eine Kreisform zu bringen, wodurch über das Antriebsstrum 9 direkt das angetriebene Element 2 angetrieben wird. Teure Wälzlagerungen und Mechanik-Komponenten können dadurch entfallen.

In Fig. 1 und 2 befindet sich die linke Steuerrolle 80a bzw. die korrespondierende Kolbeneinheit 82a jeweils im drucklosen Ruhezustand, die Steuerrolle 80a weist somit die elliptische Grundform auf. Bei der elliptischen Grundform ist das Verhältnis der Querschnittsfläche A_1 zum Umfang U_1 ist relativ klein: $A_1/U_1 \ll$

Die rechte Steuerrolle 80b bzw. die korrespondierende Kolbeneinheit 82b ist dagegen mit Druck durch das Fluid beaufschlagt, wodurch die Steuerrolle 82b einen kreisförmigen Querschnitt aufweist. Bei der kreisförmigen Steuerrolle 82b ist das Verhältnis der Querschnittsfläche A_2 zum Umfang U_2 ist relativ groß: $A_2/U_2 \gg$

Es gilt also : $A_1/U_1 < A_2/U_2$

In dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel weist die Drucksteuereinheit 100 pro Steuerrolle 80a, 80b zumindest eine hydraulische Kolbeneinheit 82a, 82b auf, bei der zumindest ein Kolben 83a, 83b pro Steuerrolle 80a, 80b hydraulisch entgegen einer mit R angedeuteten Rückstellkraft ausgelenkt wird. Die Rückstellkräfte R definieren im dargestellten Ausführungsbeispiel eine beispielsweise elliptische Grundform der Steuerrolle 80a, 80b.

Die hydraulischen Kolbeneinheiten 82a, 82b werden durch zumindest einen Piezoaktuator 13 der Drucksteuereinheit 100 angesteuert und zyklisch bzw. abwechselnd über einen ein Fluid beinhaltenden Antriebsbalg 87 mit hydraulischem Druck beaufschlagt. Der Antriebsbalg 87 und/oder die Kolbeneinheiten 82 können beispielsweise durch Metallbälge gebildet werden, um einen robusten und fehlerfreien Einsatz auch bei harschen Umgebungsbedingungen, beispielsweise bei starken Vibrationen und/oder großen Verschmutzungen – zu ermöglichen. Durch Druckbeaufschlagung der Kolbeneinheit 82a, 82b mittels des Fluids werden die Kolben 83a, 83b radial ausgelenkt und von Innen gegen den jeweiligen flexiblen Ring 81a, 81b gedrückt, wodurch der normal zur Bewegungsrichtung B gemessene Durchmesser D der Steuerrolle 80a, 80b von seinem Minimalwert D_{\min} auf seinen Maximalwert D_{\max} vergrößert wird und dadurch das Antriebsstrum 9 normal zur

Bewegungsrichtung B - in Fig. 1 nach unten – auslenkt. Durch die Auslenkung des Antriebstrumes 9 werden die Rollen 50 der Antriebsverzahnung 5 in die Zahnzwischenräume 40 der starren Zahnstange 4 gedrückt und durch die bereits beschriebene Teilungsdifferenz zwischen der starren Zahnstange 4 und der Antriebsverzahnung 5 das angetriebene Element 2 in Bewegungsrichtung B verschoben.

Die Kolben 83a, 83b grenzen jeweils an einen Zylinderraum 84a, 84b, wobei in den ersten Zylinderraum 84a eine erste Leitung 85a mündet, die über ein in Richtung des ersten Zylinderraumes 84a öffnendes erstes Rückschlagventil 86a mit dem Antriebsbalg 87 strömungsverbunden ist. Der erste Zylinderraum 84a ist mit dem zweiten Zylinderraum 84b über eine Verbindungsleitung 88 strömungsverbunden, wobei in der Verbindungsleitung 88 ein Drosselventil 89 angeordnet ist. Vom zweiten Zylinderraum 84b geht eine zweite Leitung 85b aus, die über ein zweites Rückschlagventil 86b mit dem Antriebsbalg 87 strömungsverbunden, wobei das zweite Rückschlagventil 86b in Richtung des Antriebsbalges 87 öffnet.

Zum Ansteuern des Piezoaktuators 13 wird eine Spannung U von beispielsweise 48 bis 150 Volt – insbesondere in Pulsweitenmodulationform - angelegt. Infolge des Spannungsanstieges des Spannungssignals dehnt sich der Piezoaktuator 13 aus, wodurch das Volumen des Antriebsbalges 87 verkleinert und der Druck in der ersten Leitung 85a aufgrund der quasi-Inkompressibilität des darin enthaltenen Fluids ansteigt. Dadurch öffnet sich das in der ersten Leitung 85a zwischen dem Antriebsbalg 87 und der ersten hydraulischen Kolbeneinheit 82a angeordnete erste Rückschlagventil 86a, sodass Fluid vom Antriebsbalg 85 in die erste Kolbeneinheit 82a fließt, wobei der erste Kolben 83a entgegen der Rückstellkraft R radial nach außen gedrückt werden und somit die erste Steuerrolle 80a die Gestalt von einer Ellipsenform in eine Kreisform wechselt. Über die Verbindungsleitung 88 und das Drosselventil 89 fließt Fluid vom ersten Zylinderraum 84a der ersten Kolbeneinheit 82a in den zweiten Zylinderraum 84b der zweiten Kolbeneinheit 82b, wodurch die zweiten Kolben 83b entgegen der zweiten Rückstellkraft R_2 radial nach außen gedrückt werden. Da die Rückstellkraft R_1 größer ist als die Rückstellkraft R_2 , nimmt – wenn der Druck zwischen dem ersten Zylinderraum 84a und dem zweiten Zylinderraum 84b ausgeglichen ist – nimmt die erste Steuerrolle 80a wieder eine Ellipsenform und die zweite Steuerrolle 80b eine Kreisform an, wie in Fig. 1 dargestellt. Die Rückstellkräfte R_1 , R_2 können durch separate Federn oder durch

die Eigenelastizität des flexiblen Ringes 81a, 81b der Steuerrolle 80a, 80b gebildet sein.

Als nächstes wird die Spannung U am Piezoaktuator 84 wieder auf Null gesetzt, wodurch sich der Druck im Antriebsbalg 87 verringert und sich aufgrund der Volumensteigerung im Antriebsbalg 87 ein Unterdruck einstellt. In Folge des Unterdruckes öffnet sich das in der zweiten Leitung 85b zwischen der zweiten hydraulischen Kolbeneinheit 82b und dem Antriebsbalg 87 angeordnete zweite Rückschlagventil 86b und Fluid wird vom aus dem zweiten Zylinderraum 84b der zweiten hydraulischen Kolbeneinheit 82b angesaugt, wobei die zweite Steuerrolle 80b wieder eine Ellipsenform annimmt.

Danach kann die Spannung U wieder erhöht und der zuvor beschriebene Zyklus wiederholt werden. Durch die Wiederholung wird Fluid über den Antriebsbalg 87 abwechselnd in die erste Kolbeneinheit 82a und die zweite Kolbeneinheit 82b gepumpt. Die Form jeder Steuerrollen 80a, 80b ändert sich pulsierend zwischen Ellipse und Kreis. Durch die zyklische Formänderung der ersten Steuerrolle 80a und der zweiten Steuerrolle 80b ändern sich zyklisch die Eingriffsstellen 7 zwischen der Antriebsverzahnung 5 und der starren Zahnstange 4 in axialer Richtung, wobei eine sinuswellenförmige Bewegung auf das Antriebstrum 9 ausgeübt wird. Das angetriebene Element 2 wird dadurch stetig und ruckfrei in der Bewegungsrichtung B verschoben.

Über das Drosselventil 89 wird die Übertrittsgeschwindigkeit des Fluids zwischen dem ersten 84a und dem zweiten Zylinderraum 84b gesteuert. Die Verfahrensgeschwindigkeit des angetriebenen Elementes 2 in der Bewegungsrichtung B wird somit durch das Drosselventil 89 und die Änderung der PWM-Spannung U , sowie das Verhältnis der Rückstellkräfte $R1/R2 > 1$ definiert.

Durch die Beaufschlagung mit elektrischer Spannung resultieren, je nach serieller und/oder paralleler Anordnung der Piezoelemente, Volumenänderungen im Mikro- bis Milliliterbereich. Diese Volumina werden mit dem der Blockierkraft des Piezoquarzes entsprechendem Druck in größere Wege transformiert wobei die Verlustfreiheit der Transformation neben der Unempfindlichkeit gegen Schmutz und der verzögerungsfreien Reaktion ein wesentlicher Vorteil der Piezo-Hydraulik-Technologie ist.

Solange die Leistungselektronik den Piezoaktuator 13 mit einer Spannung U von bis zu 150 Volt beaufschlagt, hält die Deformation an. Liegt keine Spannung mehr an, geht die Deformation praktisch verzögerungsfrei zurück. Die Frequenzen bewegen sich dabei von einigen hundert Herz bis zu mehreren Kilohertz.

Ausgehend von den Volumenänderungen im Antriebsbalg 87 können mithilfe der als Kreiskolben ausgebildeten Steuerrollen 80 Verschiebungen am flexiblen Ring 81a, 81b und damit am Antriebstrum 9 von ca. ± 2 mm, senkrecht zur Bewegungsrichtung B, generiert werden.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Steuerrollen 80 selbst als flexible Druckbehälter 800 ausgebildet sind, wobei der Mantel 801 jedes Druckbehälters 800 flexibel ausgebildet ist und den Umfang der Steuerrolle 80 ausbildet. Der Druckbehälter 800 weist eine elliptische Grundform auf, welche im drucklosen Zustand durch die - beispielsweise durch die Eigenelastizität des aus einer Formgedächtnislegierung bestehenden Mantels 801 des Druckbehälters 800 gebildeten - Rückstellkräfte R_1 , R_2 eingenommen wird. Bei Druckbeaufschlagung des Druckbehälters 800 nimmt die Steuerrolle 80 eine kreiszylindrische Form an. Bei Druckentlastung nimmt der

Für die Generierung von translatorischen Bewegungen auf kleinstem Raum mit hohem Wirkungsgrad wird also eine Kombination des Piezo-hydraulischen Prinzips mit der Funktionsweise eines linearen Spannungswellengetriebe 10 (Harmonic-Drive) verwendet, Dies ermöglicht es, dass Bauteile eingespart und der verfügbare Bauraum optimal genutzt werden kann.

Durch die Verwendung eines Piezoaktuators 13 mit seriell angeordneten Piezoelementen 14 sind sehr hohe Kräfte auf engstem Raum erzielbar. Damit können große Kräfte nahezu verlustfrei mit nur einer schnell oszillierenden Piezo-Hydraulik-Einheit kostengünstig und unter Beanspruchung von minimalem Bauraum realisiert werden.

Fig. 3 zeigt eine Ausführung eines erfindungsgemäßen Linearantriebes 1, wobei das Antriebstrum 9 durch eine an Eingriffstellen 7 in die starre Zahnstange 4 eingreifende elastische Zahnstange gebildet ist, welche über eine Anzahl an fest mit dem Antriebstrum 9 verbundene Zapfen 52 in einer Richtung normal zur Bewegungsrichtung B in gehäusefesten Führungen 51 geführt ist. Die Führungen 51

und Zapfen 52 sind in Bewegungsrichtung B in gleichen Abständen voneinander angeordnet.

Der Linearantrieb 1 lässt sich vorteilhaft bei Teleskopauslegern 200, beispielsweise für LKW-Ladekrane anwenden. Fig. 4 zeigt schematisch einen Teleskopausleger 200 mit einem Auslegergrundkörper 20, einer ersten Teleskopstufe 21 und einer zweiten Teleskopstufe 22, wobei die Verschiebung der Teleskopstufen 21, 22 mittels lineare Spannungswellengetriebe 10 des erfindungsgemäßen Linearantriebes 1 erfolgt. Dabei weist die erste Teleskopstufe 21 und die zweite Teleskopstufe 22 jeweils zumindest eine starre Zahnstange 4 auf, in welche die Antriebsverzahnung 5 eines Antriebselementes 6 an einer Eingriffsstelle 7 eingreift. Die Antriebseinheit 12 für die erste Teleskopstufe 21 ist dabei an der Außenseite des Auslegergrundkörpers 20 und die dazugehörige starre Zahnstange 4 an der Außenseite der ersten Teleskopstufe 21 – beispielsweise beide an der Unterseite des Teleskopauslegers 200 – angeordnet. Die Antriebseinheit 12 für die zweite Teleskopstufe 22 ist an der Außenseite der ersten Teleskopstufe 21 und die dazugehörige starre Zahnstange 4 an der Außenseite der zweiten Teleskopstufe 22 – beispielsweise beide ebenfalls an der Unterseite des Teleskopauslegers 200 – angeordnet. Alternativ dazu können Antriebseinheit 12 und dazugehörige starre Zahnstange 4 auch an der Innenseite des Teleskopauslegers 200 angeordnet sein, wie mit strichlierten Linien angedeutet ist.

Fig. 5 zeigt die Eingriffsantriebe 8 einer Antriebseinheit 12 für die zweite Teleskopstufe 22 aus Fig. 6 im Detail.

Bei den bisher beschriebenen Ausführungsvarianten weist die Antriebseinheit 12 einen Eingriffsantrieb 8 mit zwei gekoppelte Steuerrollen 80 auf, welche zeitlich versetzt angesteuert werden, wodurch eine wellenartige Bewegung im Antriebselement 6 eingeleitet wird, die schließlich zum Vorschub des angetriebenen Elementes 2 in der Bewegungsrichtung B führt.

Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführung eines Antriebselementes 6 eines erfindungsgemäßen Linearantriebes 1, wobei das Antriebselement 6 ein beispielsweise durch eine Rollenkette 53 gebildetes Antriebstrum 9 und ein biegeelastisches Band 60 aufweist, welches über Verbindungselemente 61 mit dem Antriebstrum 9 verbunden ist. Die Rollenkette 53 weist drehbar miteinander verbundenen Laschen 54 und drehbar gelagerte Rollen 55 auf. Durch die

Verbindungselemente 62 folgt die Rollenkette 53f den Wellenbewegungen des biegeelastischen Bandes 60. Dadurch, dass das Antriebselement 6 an beiden Enden drehbar eingespannt ist, wird das Band 60 mit einer definierten Eigenspannung in der Wellenform gehalten. Die Eigenspannung übt eine Rückstellkraft auf das Antriebstrum 9 aus, sodass separate Federn entfallen können.

Gemäß der Erfindung werden das Antriebselement 6, der Eingriffsantrieb 8 und der Piezoaktuator 13 in einer Antriebseinheit 12 verbaut.

Fig. 7 zeigt eine Antriebseinheit 12 mit einem Antriebselement 6, einem Eingriffsantrieb 8 und einem Piezoaktuator 13. Der Eingriffsantrieb 9 der Antriebseinheit 12 weist eine einzige Steuerrolle 80 auf. Das über Verbindungselemente 61 mit einem beispielsweise durch eine Rollenkette 53 gebildeten Antriebstrum 9 verbundene biegeelastische Band 60 des Antriebselementes 6 besteht aus einer Formgedächtnislegierung. Durch die Formgedächtnislegierung weist das Antriebselement 6 eine sinuswellenförmige Grundform mit einem Wellenberg und einem Wellental auf. Im Bereich des Wellenberges der Grundform ist die einzige Steuerrolle 80 angeordnet. Im drucklosen Zustand ist das Antriebselement 6 im Bereich der Steuerrolle 80 nicht im Zahneingriff mit der starren Zahnstange 4. Das Wellental der Grundform definiert dabei eine Ruhe-Eingriffsstelle 7, bei der die Antriebsverzahnung 5 im drucklosen Zustand der Steuerrolle 80 gegen die starre Zahnstange 4 gedrückt wird. Sobald die Steuerrolle 80 durch Druckbeaufschlagung und Formänderung seinen quer zur Bewegungsrichtung gemessenen Durchmesser D auf den maximalen Wert D_{\max} vergrößert drückt es auf den Wellenberg des biegeelastischen Bandes 60 des Antriebselementes 6, wodurch das an beiden Enden eingespannte Antriebselement 6 in seine zweite stabile Lage umklappt: Der Wellenberg der Grundform wird zum Wellental und drückt die Antriebsverzahnung 5 - also die Rollenkette 53 - gegen die starre Zahnstange 4. Das Wellental der Grundform wird zum Wellenberg und hebt dadurch im Bereich der Ruhe-Eingriffsstelle die Antriebsverzahnung von der starren Zahnstange 4. Durch die Verwendung einer Formgedächtnislegierung für das elastische Band 60 kann eine zweite Steuerrolle 80 eingespart werden.

Fig. 8 zeigt die Antriebseinheit aus Fig. 7 im eingebauten Zustand an der Außenseite eines Auslegergrundkörpers 20 eines Teleskopauslegers 200. Die mit

der Antriebseinheit 12 korrespondierende starre Zahnstange 4 ist an der Außenseite der ersten Teleskopstufe 21 angeordnet.

Um größere Kräfte übertragen zu können ist es vorteilhaft, wenn eine Antriebseinheit 12 mehrere Antriebstrume 9 aufweist.

Fig. 9 zeigt eine Antriebseinheit 12 mit beispielsweise drei nebeneinander angeordneten Antriebstrumen 9a, 9b, 9c, wobei jedes Antriebstrum 9a, 9b, 9c durch jeweils eine Rollenkette 53 gebildet ist. Dabei werden ein erstes Antriebstrum 9a, ein zweites Antriebstrum 9b und ein drittes Antriebstrum 9c phasenversetzt betätigt. Jedes Antriebstrum 9a, 9b, 9c wirkt mit einer korrespondierenden Zahnstange 4a, 4b, 4c zusammen. Anstelle von drei Zahnstangen 4a, 4b, 4c kann auch eine einzige Zahnstange 4 mit entsprechend größerer Breite verwendet werden.

Fig. 10 und 11 zeigen diese Antriebseinheit 12 im eingebauten Zustand an der Außenseite eines Teleskopauslegers 200.

Fig. 12 zeigt eine Antriebstrumanordnung mit einem ersten, 9a, zweiten 9b und dritten Antriebstrum 9c der Antriebseinheit 12. Deutlich ist der Phasenversatz zwischen den drei Antriebstrumen 9a, 9b, 9c zu erkennen. In Fig. 13 sind die drei Antriebstrume 9a, 9b, 9c zur Verdeutlichung separat untereinander dargestellt.

Fig. 14 zeigt die Verfahrwege s zu Folge der Antriebe durch das erste Antriebstrum 9a, das zweite Antriebstrum 9b und das dritte Antriebstrum 9c, wobei der erste Verfahrweg s_1 dem ersten Antriebstrum 9a, der zweite Verfahrweg s_2 dem zweiten Antriebstrum 9b und der dritte Verfahrweg s_3 dem dritten Antriebstrum 9c zugeordnet ist. Durch die Phasenverschiebungen der drei Antriebstrume 9a, 9b, 9c ergibt sich ein stetiger, gleichmäßiger Ausschub der Teleskopstufe 21, 22 über die Betätigungszeit t .

Durch Variation der Anzahl, bzw. Kombination von Antriebseinheiten 12 können - je nach Bedarf - Geschwindigkeit und Kraft vervielfacht werden. Durch modulare Bauweise mit kleinen Leistungsstufen lässt sich eine einfache Anpassung an den jeweiligen Anwendungsfall erzielen.

Die Fig. 15 und 16 zeigen einen erfindungsgemäßen Teleskopausleger 200 mit einem Sechskant-Teleskoparmprofil in einer ersten Ausführungsvariante mit einem Auslegergrundkörper 20, einer ersten Teleskopstufe 21, einer zweiten Teleskopstufe 22 und einer dritten Teleskopstufe 23. In den Fig.14 und 15 eingezeichnet ist die Lage der Antriebseinheiten 12 und die korrespondierenden starren Zahnstangen 4 an der Außenseite und Innenseite des Teleskopauslegers 200. Mit 200a ist die Längsmittelachse der Teleskopauslegers 200 bezeichnet. Die Bewegungsrichtung B des im Ausführungsbeispiel mehrere Antriebseinheiten 12 und mehrere starre Zahnstangen 4 aufweisenden Linearantriebes 1 ist parallel zur Längsmittelachse 200a.

Der Auslegergrundkörper 20, die erste Teleskopstufe 21, die zweite Teleskopstufe 22 und die dritte Teleskopstufe 23 weisen die gleiche Querschnittsform auf. Die Querschnitte des Auslegergrundkörpers 20 und der Teleskopstufen 21, 22, 23 sind verschieden groß, so dass die erste Teleskopstufe 21 in den Auslegergrundkörper 20, die zweite Teleskopstufe 22 in die erste Teleskopstufe 21 und die dritte Teleskopstufe 23 in die zweite Teleskopstufe 22 einschiebbar sind.

Der Auslegergrundkörper 20 weist eine Deckfläche 20a, zwei Seitenflächen 20b, 20c und zwei Bodenflächen 20d und 20e auf, welche einen stumpfen Winkel miteinander aufspannen. Die erste Teleskopstufe 21 weist eine Deckfläche 21a, zwei Seitenflächen 21b, 21c und zwei Bodenflächen 21d und 21e auf, die zweite Teleskopstufe 22 weist eine Deckfläche 22a, zwei Seitenflächen 22b, 22c und zwei Bodenflächen 22d und 22e und die dritte Teleskopstufe 23 weist eine Deckfläche 23a, zwei Seitenflächen 23b, 23c und zwei Bodenflächen 23d und 23e auf.

Fig. 17 und 18 zeigen den Auslegergrundkörper 20 des Teleskopauslegers 200 aus Fig. 15 und 16 von verschiedenen Seiten.

An der Außenseite des Auslegergrundkörpers 20 sind vier Antriebseinheiten 12 und an der oberen Innenseite des Auslegergrundkörpers 20 drei starre Zahnstangen 4 angeordnet. Zwei seitlich gegenüberliegende Antriebseinheiten 12 weisen jeweils fünf nebeneinander angeordnete Antriebstrume 9 auf. Zwei an der Unterseite des Auslegergrundkörpers 20 angeordnete Antriebseinheiten 12 sind für jeweils drei Antriebstrume 9 ausgebildet.

Fig. 19 und 20 zeigen die erste Teleskopstufe 21 des Teleskopauslegers 200 von verschiedenen Seiten.

An der Außenseite der ersten Teleskopstufe 21 sind vier Antriebseinheiten 12 und an der Innenseite der Deckfläche 21a der ersten Teleskopstufe 21 zwei starre Zahnstangen 4 parallel und im Abstand voneinander in Längsrichtung der ersten Teleskopstufe 21 angeordnet. Diese beiden starren Zahnstangen wirken mit zwei Antriebseinheiten 12 der zweiten Teleskopstufe 22 zusammen. An der Innenseite der Deckfläche 21a der ersten Teleskopstufe 21 sind weiters drei Antriebseinheiten 12 mit jeweils einem Antriebstrum 9 angeordnet, welche mit den drei Zahnstangen 4 an der Innenseite der Deckfläche 20a des Auslegergrundkörpers 20 zusammenwirken.

Zwei seitlich gegenüberliegende Antriebseinheiten 12 weisen jeweils zwei nebeneinander angeordnete Antriebstrume 9 auf. Die zwei an der Unterseite der ersten Teleskopstufe 21 angeordneten Antriebseinheiten 12 sind für jeweils drei Antriebstrume 9 ausgebildet. An den äußeren Seitenflächen 21b, 21c sind jeweils fünf starre Zahnstangen 4 in Längsrichtung der ersten Teleskopstufe 21, also parallel zur Längsmittelachse 200a des Teleskopauslegers 200, und parallel zueinander angeordnet. Diese fünf starren Zahnstangen 4 korrespondieren mit den fünf Antriebstrumen 9 der seitlichen Antriebseinheiten 12 des Auslegergrundkörpers 20 aus Fig. 17 und 18. An den Außenseiten der Bodenflächen 21d, 21e sind weiters drei starre Zahnstangen 4 parallel zur Längsmittelachse 200a angeordnet, welche mit den an der Bodenfläche 20d, 20e des Auslegergrundkörpers 20 angeordneten entsprechenden Antriebseinheiten 12 korrespondieren.

Fig. 21 und 22 zeigen die zweiten Teleskopstufe 22 des Teleskopauslegers 200 von verschiedenen Seiten.

An der Außenseite der zweiten Teleskopstufe 22 sind vier Antriebseinheiten 12 und an der Innenseite der Deckfläche 21a der zweiten Teleskopstufe 22 ist eine starre Zahnstange 4 parallel zur Längsmittelachse 200a des Teleskopauslegers 200 angeordnet. Diese starre Zahnstange 4 wirkt mit einer entsprechenden Antriebseinheit 12 der dritten Teleskopstufe 23 zusammen. An der Innenseite der Deckfläche 22a der zweiten Teleskopstufe 22 sind weiters zwei Antriebseinheiten 12 mit jeweils einem Antriebstrum 9 angeordnet, welche mit den beiden

Zahnstangen 4 an der Innenseite der Deckfläche 21a des ersten Teleskopstufe 21 zusammenwirken.

Zwei seitlich gegenüberliegende Antriebseinheiten 12 weisen jeweils zwei nebeneinander angeordnete Antriebstrume 9 auf. Die zwei an der äußeren Bodenfläche 22d, 22e der zweiten Teleskopstufe 22 angeordneten Antriebseinheiten 12 sind ebenfalls für jeweils zwei Antriebstrume 9 ausgebildet. An den äußeren Seitenflächen 22b, 22c sind jeweils zwei starre Zahnstangen 4 in Längsrichtung der ersten Teleskopstufe 22, also parallel zur Längsmittelachse 200a des Teleskopauslegers 200 angeordnet. Diese zwei starren Zahnstangen 4 korrespondieren mit den zwei Antriebstrumen 9 der seitlichen Antriebseinheiten 12 der ersten Teleskopstufe 21 aus Fig. 18 und 19. An den Außenseiten der Bodenflächen 22d, 22e sind weiters drei starre Zahnstangen 4 parallel zur Längsmittelachse 200a angeordnet, welche mit den an der Bodenfläche 21d, 21e der ersten Teleskopstufe 21 angeordneten entsprechenden Antriebseinheiten 12 korrespondieren.

Fig. 23 und 24 zeigen die dritte Teleskopstufe 23 des Teleskopauslegers 200 von verschiedenen Seiten.

An der Innenseite der Seitenflächen der dritten Teleskopstufe 23 sind zwei Antriebseinheiten 12 und an der Innenseite der Deckfläche 23a ist eine Antriebseinheit 123 für jeweils ein Antriebstrum 9 angeordnet, welche mit entsprechenden Zahnstangen 4 an den Innenseiten der Deckfläche 22a und den Seitenflächen 22b, 22c des zweiten Teleskopstufe 22 zusammenwirken. An der Außenseite der Bodenflächen 23d, 23e sind jeweils zwei starre Zahnstangen 4 parallel zur Längsmittelachse 200a des Teleskopauslegers 200 angeordnet. Diese starren Zahnstangen 4 wirken mit entsprechenden Antriebseinheiten 12 der zweiten Teleskopstufe 23 zusammen.

Durch die im Beispiel vorgesehene Anzahl an Antriebseinheiten 12 und Antriebstrumen 6 lassen sich hohe Kräfte übertragen.

Bei dem beschriebenen Linearantrieb 1 wird jede Teleskopstufe 21, 22, 23 individuell und unabhängig voneinander angesteuert. Jede Teleskopstufe 21, 22, 23 kann beispielsweise mit einer Geschwindigkeit von 3 bis 4 Meter pro Minute verfahren werden. Bei einem beispielsweise fünfstufigen Teleskopausleger 200 kann

eine Kranspitze mit 15 bis 20 Meter pro Minute unter Last bewegt werden. Dadurch kann einerseits der Werkstoff optimal ausgenutzt und andererseits Gewicht und Energie eingespart werden.

Durch die individuelle Ansteuerung bietet sich die Möglichkeit die Teleskopstufen 21, 22, 23 geschwindigkeitsoptimal zu bewegen. Zum Beispiel kann die erste Teleskopstufe 21 kurz vor Erreichen seiner Endlage abgebremst werden, während die zweite Teleskopstufe 22 in der gleichen Zeit beschleunigt wird. Auch andere Bewegungsmuster sind – in Abhängigkeit der Last und dem Transportanforderung - möglich.

Die Bewegungsmuster können vorteilhafterweise softwaretechnisch durch die Steuereinheit realisiert werden. Je nach Stellung der Teleskopstufen 21, 22, 23 wirkt durch die Last eine Zugspannung oder Druckspannung auf den Antriebsmechanismus ein. Die Bewegungsmuster können diese unterschiedlichen Lasteinwirkungen mitberücksichtigen.

Als Material für die Steuerrolle 80 eignet sich beispielsweise ein Faserverbundwerkstoff, insbesondere ein Kohlenstofffaserverbundwerkstoff.

Der erfindungsgemäße Linearantrieb 1 ermöglicht unbegrenzte Verfahrswege: Die Länge der Verfahrswege ist durch keine technischen Systemgrenzen, wie Kolbenhübe von Hydraulikzylinder oder dergleichen beschränkt.

Die Übersetzung des piezo-hydraulischen Eingriffsantriebes 8 kann einfach und individuell konfiguriert werden, wobei eine Sinus-ähnliche Veränderung der Antriebsstrume 9 vorteilhaft ist. Dies kann beispielsweise durch Pulsweitenmodulation bewerkstelligt werden.

Der piezo-hydraulische Eingriffsantrieb 8 hat den Vorteil, dass mit diesem sowohl kraft- als auch geschwindigkeitsgeregelt bzw. geschwindigkeitsoptimiert aus- und eingefahren (teleskopiert) werden kann.

Dabei kann unterbrechungsfrei - beispielsweise automatisch - zwischen einem Geschwindigkeitsmodus und einem Kraftmodus umgeschaltet werden.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung können die Anzahl der Impulse des Piezoaktors 13 elektronisch erfasst und zur Berechnung des Verfahrensweges herangezogen werden. Dies ermöglicht es auf einfache Weise Automatisierungsaufgaben zu realisieren. Weiters ist es für die Realisierung von Automatisierungsaufgaben von Vorteil, wenn über den Abstand der Brennpunkte der elliptischen Grundform des flexiblen Rundstabes bzw. Ringes 81 die erforderliche Ausschubkraft pro Teleskopstufe 21, 22, 23, 24 berechnet wird.

Durch entsprechende Gestaltung des Profils der starren Zahnstange können Kraft und Geschwindigkeit der jeweiligen Anforderung angepasst werden.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Linearantrieb (1) für ein linear verschiebbares angetriebenes Element (2), mit zumindest einem linearen Spannungswellengetriebe (10), wobei das angetriebene Element (2) in einem Führungskörper (3) in zumindest einer Bewegungsrichtung (B) verschiebbar gelagert ist und eine Zahnstange (4) mit konstanter Teilung aufweist, wobei der Zahnstange (4) ein eine Antriebsverzahnung (5) aufweisendes Antriebselement (6) mit konstanter Teilung gegenüberliegend angeordnet ist, wobei zwischen der Teilung der Zahnstange (4) und der Teilung der Antriebsverzahnung (5) eine Teilungsdifferenz besteht, wobei die Antriebsverzahnung (5) an zumindest einer lokalen Eingriffsstelle (7) derart mit der Zahnstange (4) in Verzahnungseingriff bringbar ist, dass die Eingriffsstelle (7) kontinuierlich in Bewegungsrichtung (B) des angetriebenen Elementes (2) verschoben wird, wobei die Antriebsverzahnung (5) mittels eines Eingriffsantriebs (8) mit normal zur Bewegungsrichtung (B) des angetriebenen Elementes verlaufender Wirkrichtung an der jeweiligen Eingriffsstelle (7) in Eingriff mit der Zahnstange (4) des angetriebenen Elementes (2) bringbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Eingriffsantrieb (8) zumindest eine Steuerrolle (80; 80a, 80b) mit formveränderlichen Umfang (U) aufweist.
2. Linearantrieb (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Eingriffsantrieb (8) zumindest zwei in Bewegungsrichtung nebeneinander angeordnete Steuerrollen (80; 80a, 80b) aufweist, wobei jede Steuerrolle (80; 80a, 80b) einen formveränderlichen Umfang (U) aufweist.
3. Linearantrieb (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein normal zur Bewegungsrichtung (B) des angetriebenen Elementes (2) gemessener Durchmesser (D) zumindest einer Steuerrolle (80; 80a, 80b) zwischen einem definierten Minimalwert (D_{\min}) und einem definierten Maximalwert (D_{\max}) veränderbar ist.
4. Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Umfang (U) der Steuerrolle (80; 80a, 80b) piezohydraulisch veränderbar ist.

5. Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Umfang (U) zumindest einer Steuerrolle (80; 80a, 80b) durch eine hydraulische Kolbeneinheit veränderbar ist.
6. Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Steuerrolle (80; 80a, 80b) als Druckbehälter ausgebildet ist oder einen Druckbehälter beinhaltet, wobei zumindest eine Behälterwand des Druckbehälters, vorzugsweise ein Mantel des Druckbehälters, flexibel ausgebildet ist.
7. Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Steuerrolle (80; 80a, 80b) durch einen flexiblen Rundstab oder Ring gebildet ist, welcher vorzugsweise aus einem Faserverbundwerkstoff, besonders vorzugsweise aus Kohlenstofffaser-Verbundwerkstoff, besteht.
8. Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Antriebselement (6) und/oder zumindest eine Steuerrolle (80; 80a, 80b) eine Formgedächtnislegierung aufweist.
9. Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Antriebselement (6) ein Antriebstrum (9), vorzugsweise ein Rollenkette (53), aufweist.
10. Linearantrieb (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Antriebselement (6) ein biegeelastisches Band (60) aufweist, welches über zumindest ein Verbindungselement (61) mit dem Antriebstrum (9) verbunden ist, wobei vorzugsweise das biegeelastische Band (60) an den Enden über Drehpunkte (11) gelagert und/oder wellenförmig vorgespannt ist.
11. Linearantrieb (1) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das biegeelastische Band (60) eine Formgedächtnislegierung aufweist, wobei vorzugsweise nur ein einziger Eingriffsantrieb (8) – vorzugsweise im Bereich eines Viertels der Länge des Bandes (60) - mit dem elastischen Band (60) wirkverbunden ist.

12. Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das lineare Spannungswellengetriebe (10) mindestens eine als Modul ausgebildete Antriebseinheit (12) aufweist, wobei die Antriebseinheit (12) zumindest ein Antriebselement (6), zumindest einen Eingriffsantrieb (8) und eine Drucksteuereinheit (100) mit zumindest einen Piezoaktuator (13) und zumindest einem Antriebsbalg (87) aufweist.
13. Linearantrieb (1) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Antriebseinheit (12) zumindest zwei Antriebselemente (6) aufweist.
14. Linearantrieb (1) nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Antriebseinheit (12) pro Antriebselement (6) zumindest einen – vorzugsweise nur einen - Eingriffsantrieb (8) aufweist.
15. Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Linearantrieb (1) zumindest zwei Antriebseinheiten (12) aufweist.
16. Teleskopausleger (200) mit einem Auslegergrundkörper (20) und zumindest zwei Teleskopstufen (21, 23, 24), wobei eine nachfolgende Teleskopstufe (21, 22, 23, 24) in einer vorgehenden Teleskopstufe (20, 22, 23) oder im Auslegergrundkörper (20) verschiebbar gelagert ist, mit zumindest einem Linearantrieb (1), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 15, zum Antrieb zumindest einer Teleskopstufe (21, 22, 23, 24), dadurch gekennzeichnet, dass der Linearantrieb (1) zumindest ein lineares Spannungswellengetriebe (10) aufweist und zumindest eine Teleskopstufe (21, 22, 23, 24) in einem durch eine benachbarte Teleskopstufe (21, 22, 23) oder dem Auslegergrundkörper (20) gebildeten Führungskörper (3) in zumindest einer Bewegungsrichtung (B) verschiebbar gelagert ist und zumindest eine Zahnstange (4) mit konstanter Teilung aufweist, wobei der Zahnstange (4) ein eine Antriebsverzahnung (5) aufweisendes Antriebselement (6) mit konstanter Teilung gegenüberliegend in der benachbarten Teleskopstufe (21, 22, 23) oder im Auslegergrundkörper (20) angeordnet ist, wobei zwischen der Teilung der Zahnstange (4) und der Teilung der Antriebsverzahnung (5) eine Teilungsdifferenz besteht, wobei die Antriebsverzahnung (5) an zumindest einer lokalen Eingriffsstelle (7) derart mit der Zahnstange (4) in

Verzahnungseingriff bringbar ist, dass die Eingriffsstelle (7) kontinuierlich in Bewegungsrichtung (B) des angetriebenen Elementes (2) verschoben wird, wobei die Antriebsverzahnung (5) mittels eines Eingriffsantriebs (8) mit normal zur Bewegungsrichtung (B) des angetriebenen Elementes (2) verlaufender Wirkrichtung an der jeweiligen Eingriffsstelle (7) in Eingriff mit der Zahnstange (3) des angetriebenen Elements (2) bringbar ist.

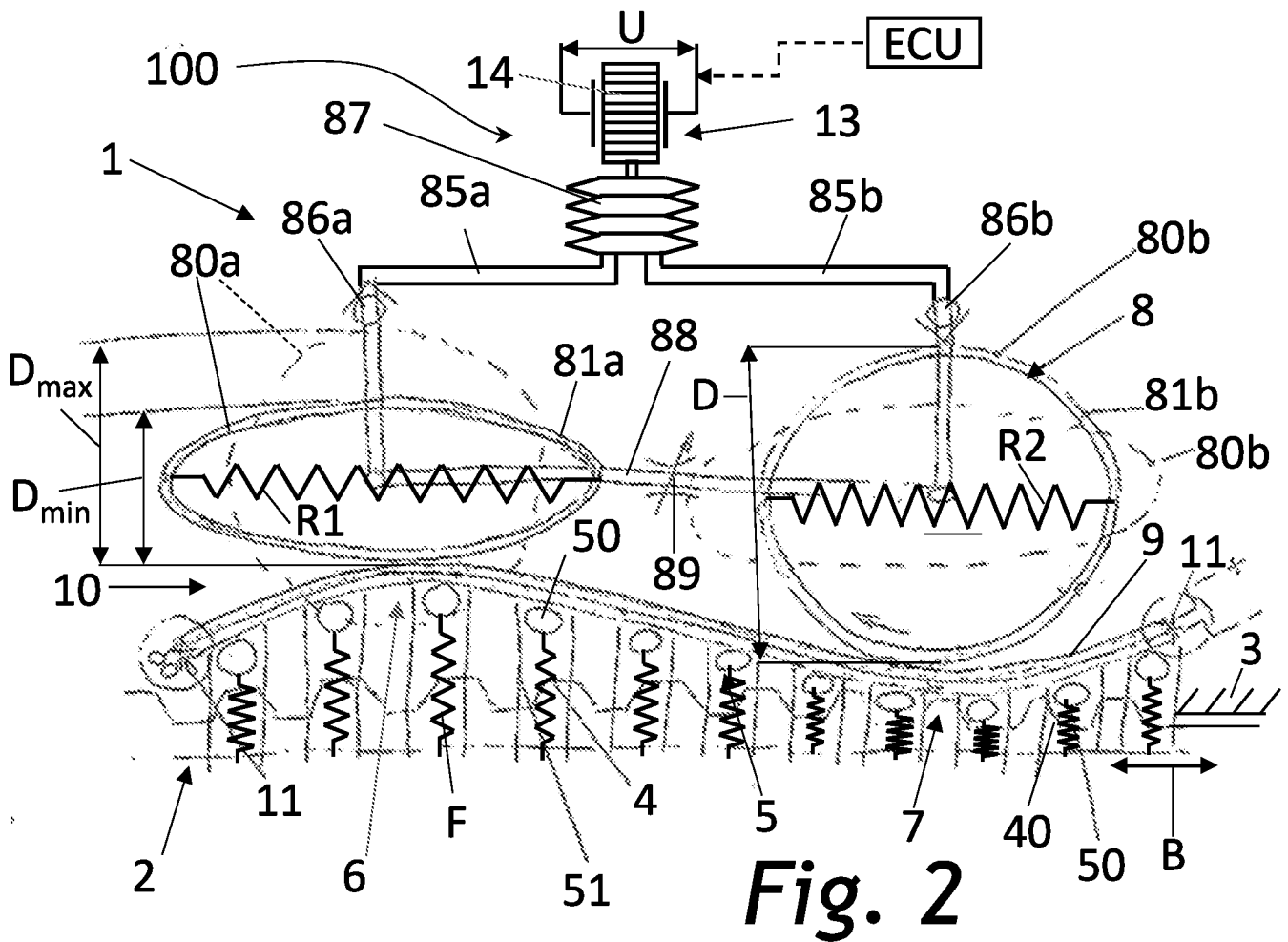
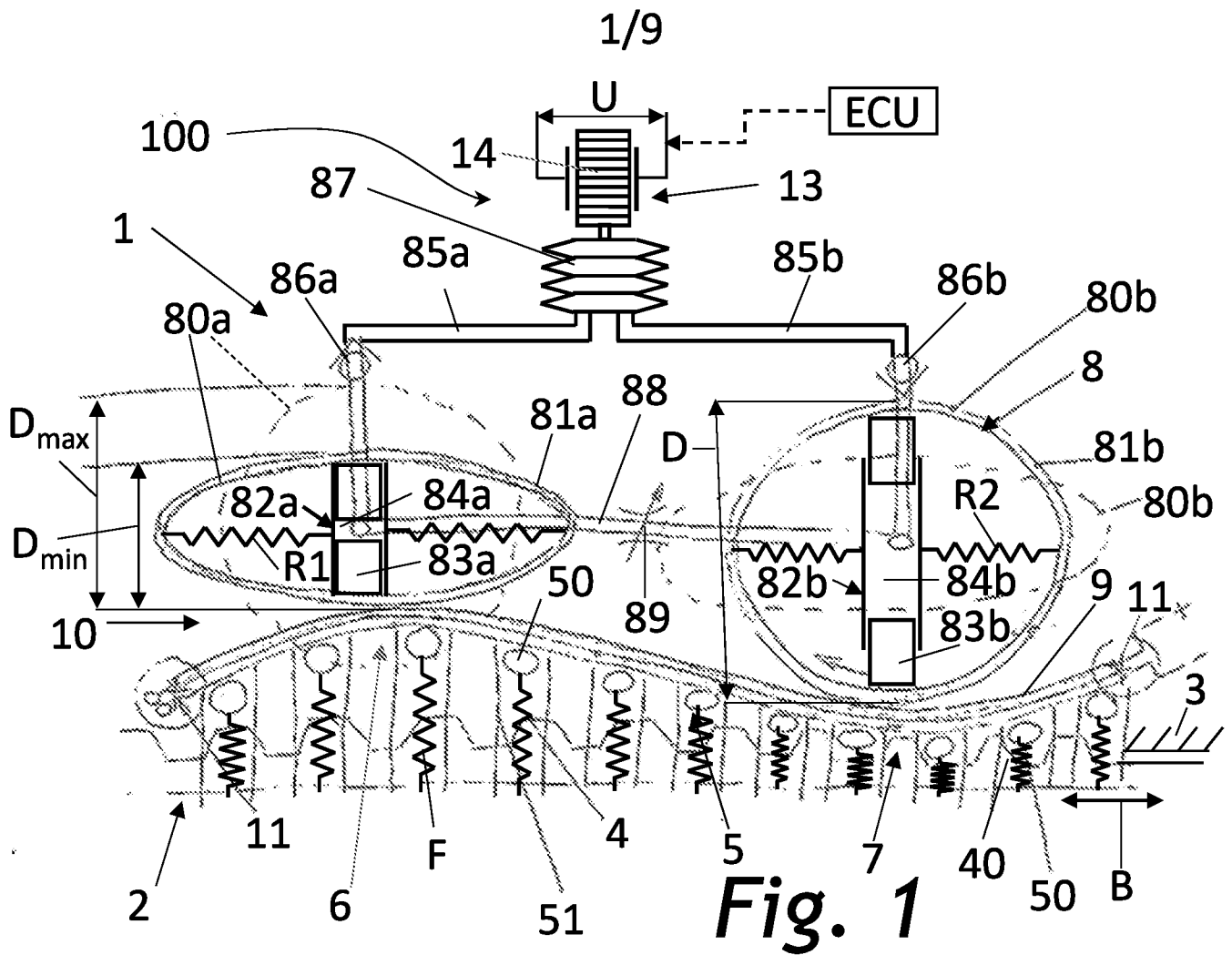
17. Teleskopausleger (200) nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Eingriffsantrieb (8) zumindest eine Steuerrolle (80; 80a, 80b) mit vorzugsweise piezohydraulisch formveränderlichen Umfang (U) aufweist.
18. Teleskopausleger (200) nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein lineares Spannungswellengetriebe (10) mindestens eine vorzugsweise als Modul ausgebildete Antriebseinheit (12) aufweist, wobei die Antriebseinheit (12) zumindest ein - vorzugsweise durch ein Antriebsstrum (9) gebildetes - Antriebselement (6), zumindest einen Eingriffsantrieb (8) und eine Drucksteuereinheit (100) mit zumindest einen Piezoaktuator (13) und zumindest einem Antriebsbalg (87) aufweist.
19. Teleskopausleger (200) nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Auslegergrundkörper (20) oder die vorgehende Teleskopstufe (21, 22, 23) den Führungskörper (3) bildet und zumindest eine Antriebsverzahnung (5) aufweist und die nachfolgende Teleskopstufe (21, 22, 23, 24) zumindest eine Zahnstange (4) aufweist und/oder dass der Auslegergrundkörper (20) oder die vorgehende Teleskopstufe (21, 22, 23) zumindest eine Zahnstange (4) aufweist und die nachfolgende Teleskopstufe (21, 22, 23, 24) den Führungskörper (3) bildet und zumindest eine Antriebsverzahnung (5) aufweist.
20. Teleskopausleger (200) nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Teleskopstufe (21, 22, 23) oder der Auslegergrundkörper (20) mehrere Antriebsverzahnungen (5) aufweist, die mit zumindest einer Zahnstange (4) der nachfolgende oder vorhergehenden Teleskopstufe (21, 22, 23, 24) zusammenwirken.
21. Teleskopausleger (200) nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Antriebsverzahnung (5) und

zumindest eine Zahnstange (4) außerhalb des Auslegergrundkörpers (20) oder außerhalb von aufeinanderfolgenden Teleskopstufen (21, 22, 23, 24) des Teleskopauslegers (200) angeordnet sind.

22. Teleskopausleger (200) nach einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Antriebsverzahnung (5) und zumindest eine Zahnstange (4) innerhalb des Auslegergrundkörpers (20) oder innerhalb von aufeinanderfolgenden Teleskopstufen (21, 22, 23, 24) des Teleskopauslegers (200) angeordnet sind.

03.01.2023

FU



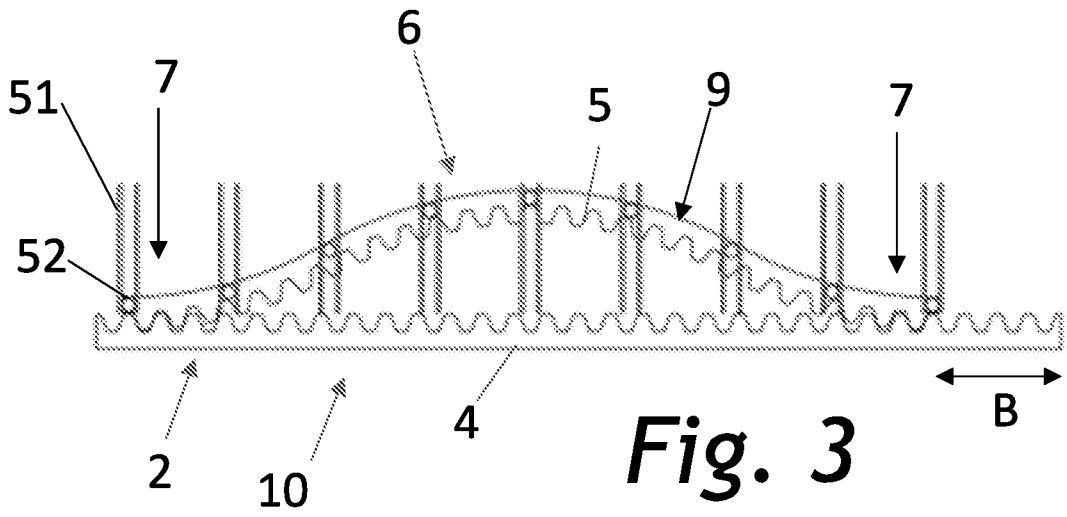


Fig. 3

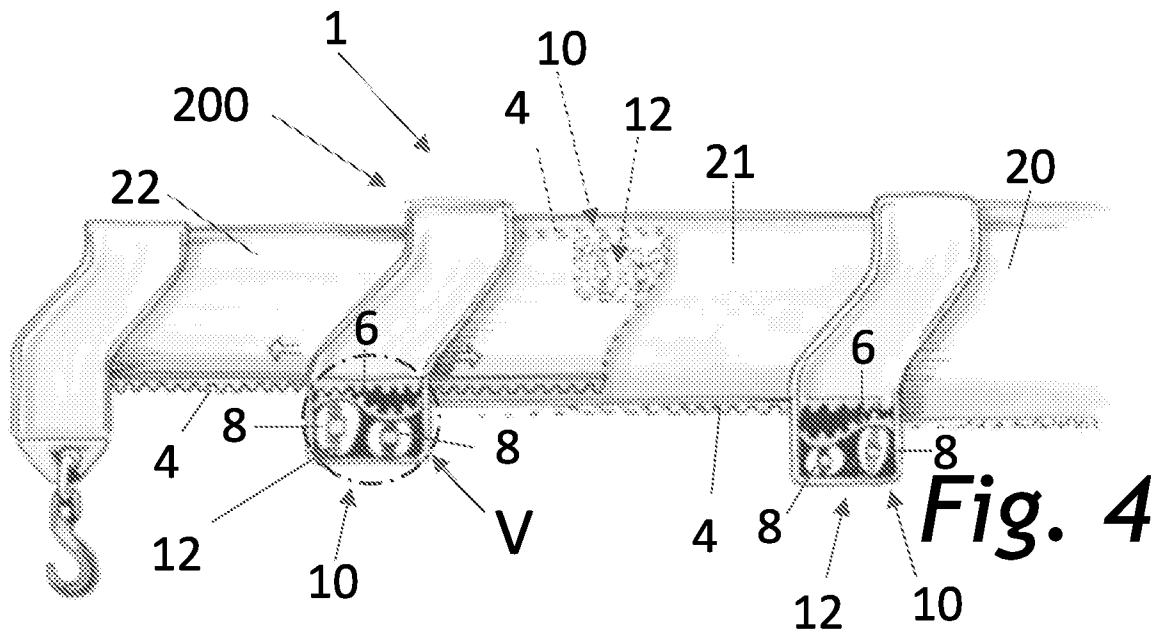


Fig. 4

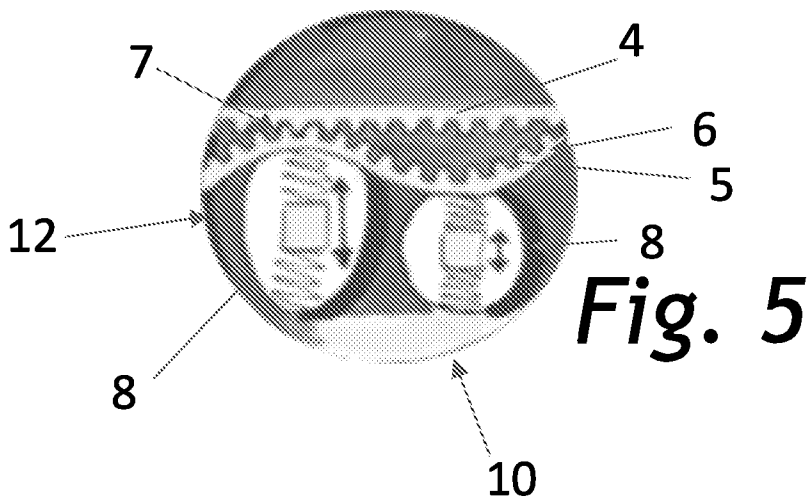


Fig. 5

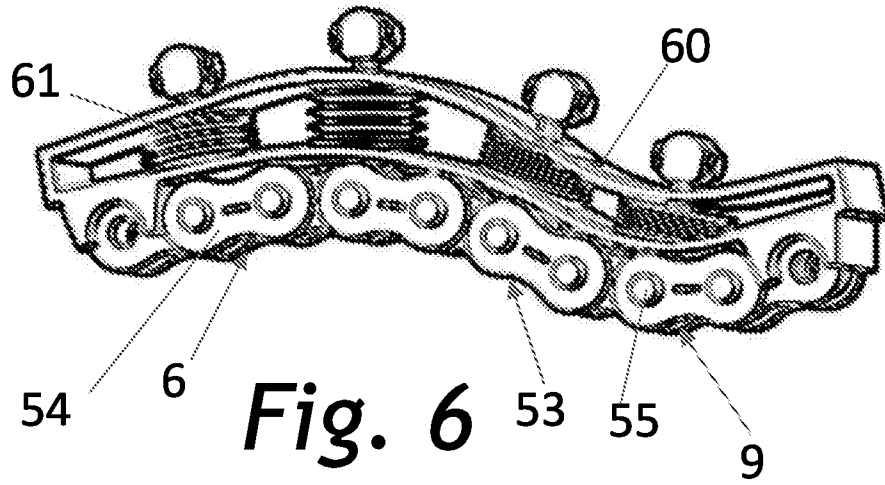


Fig. 6

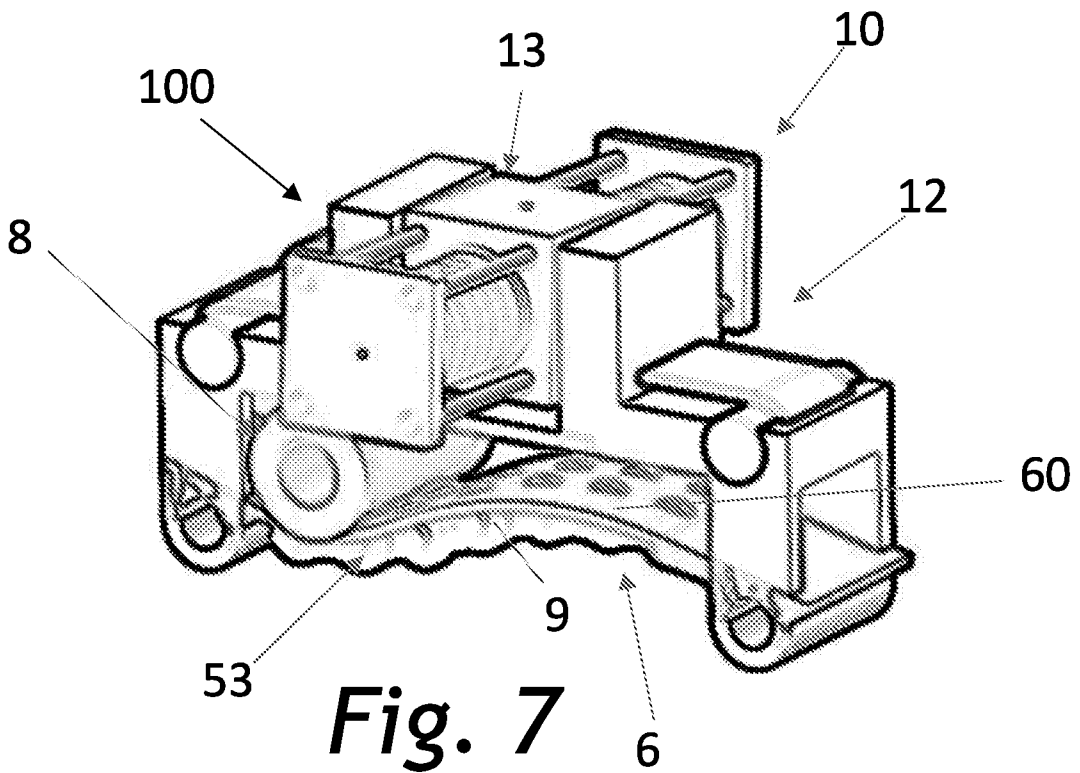
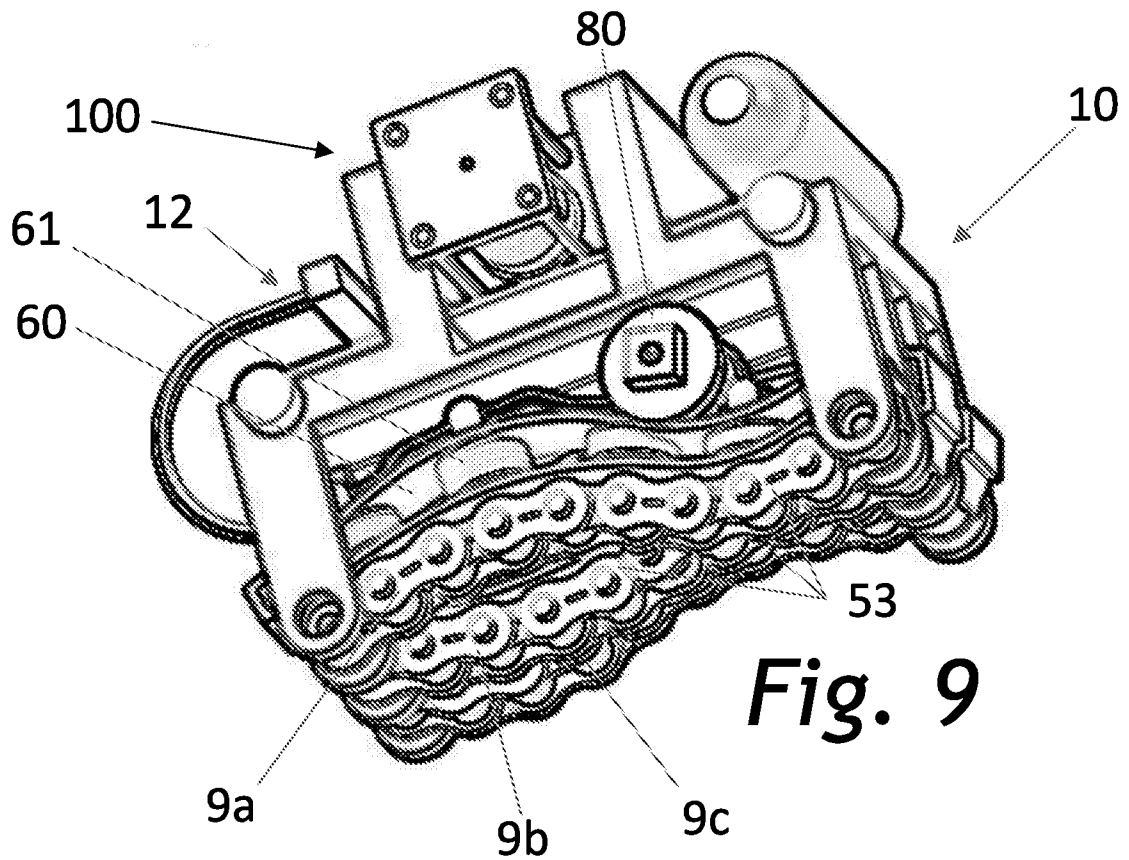
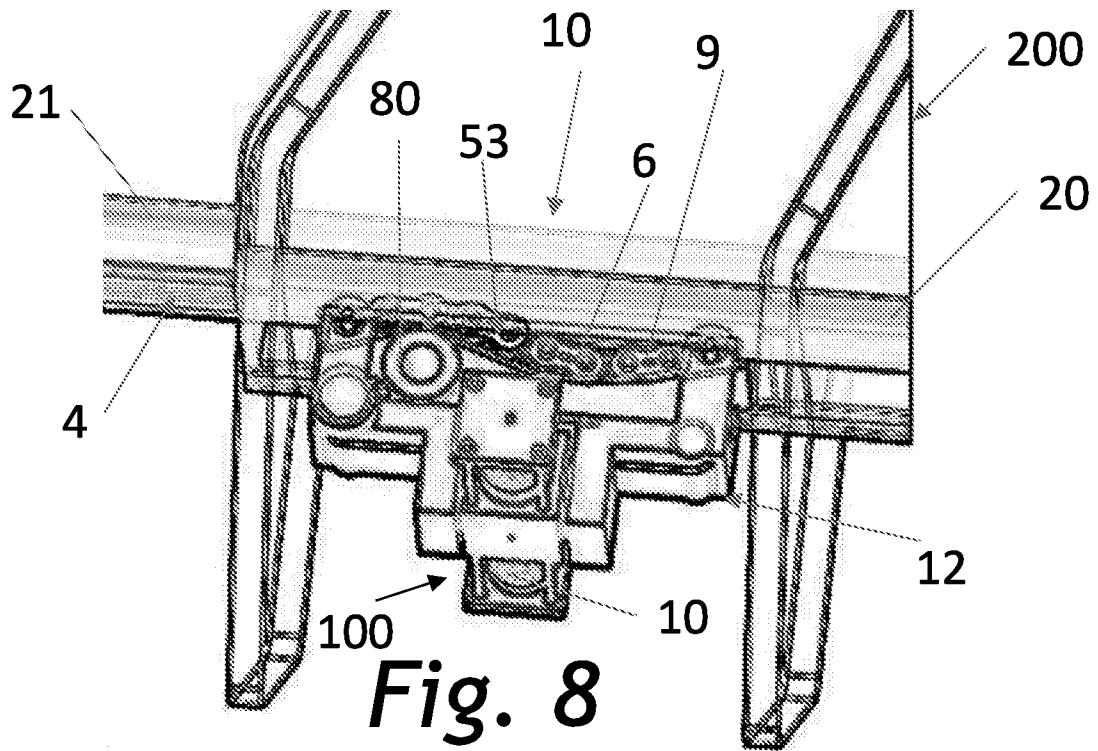


Fig. 7



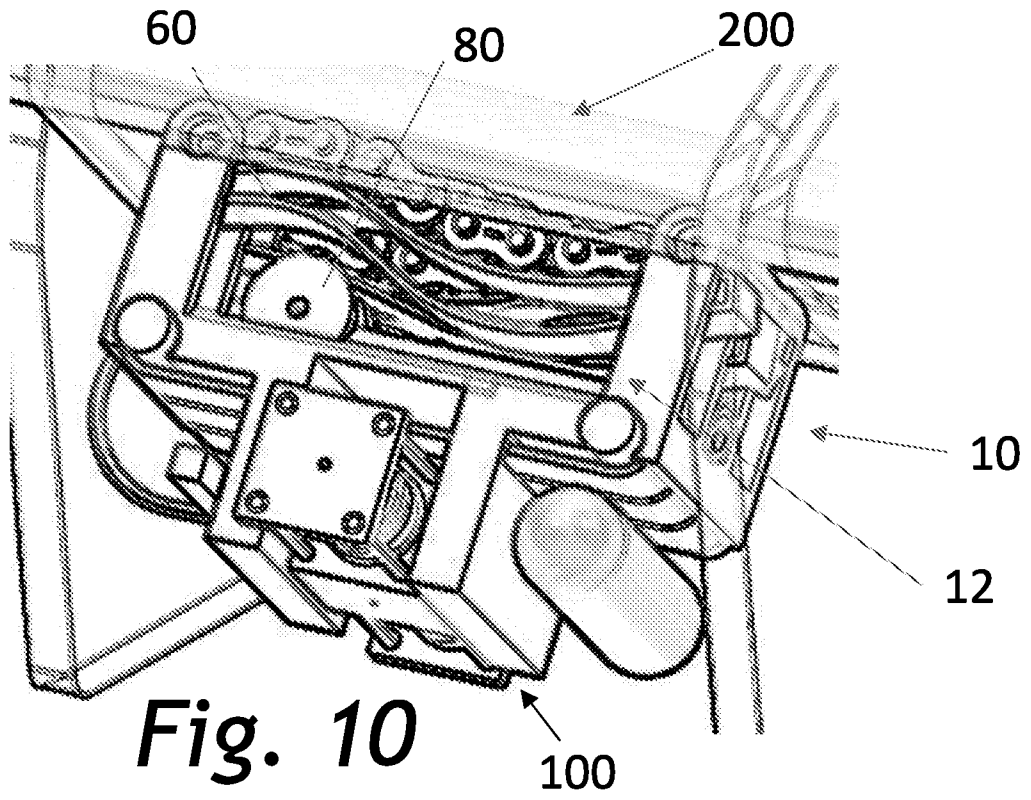


Fig. 10

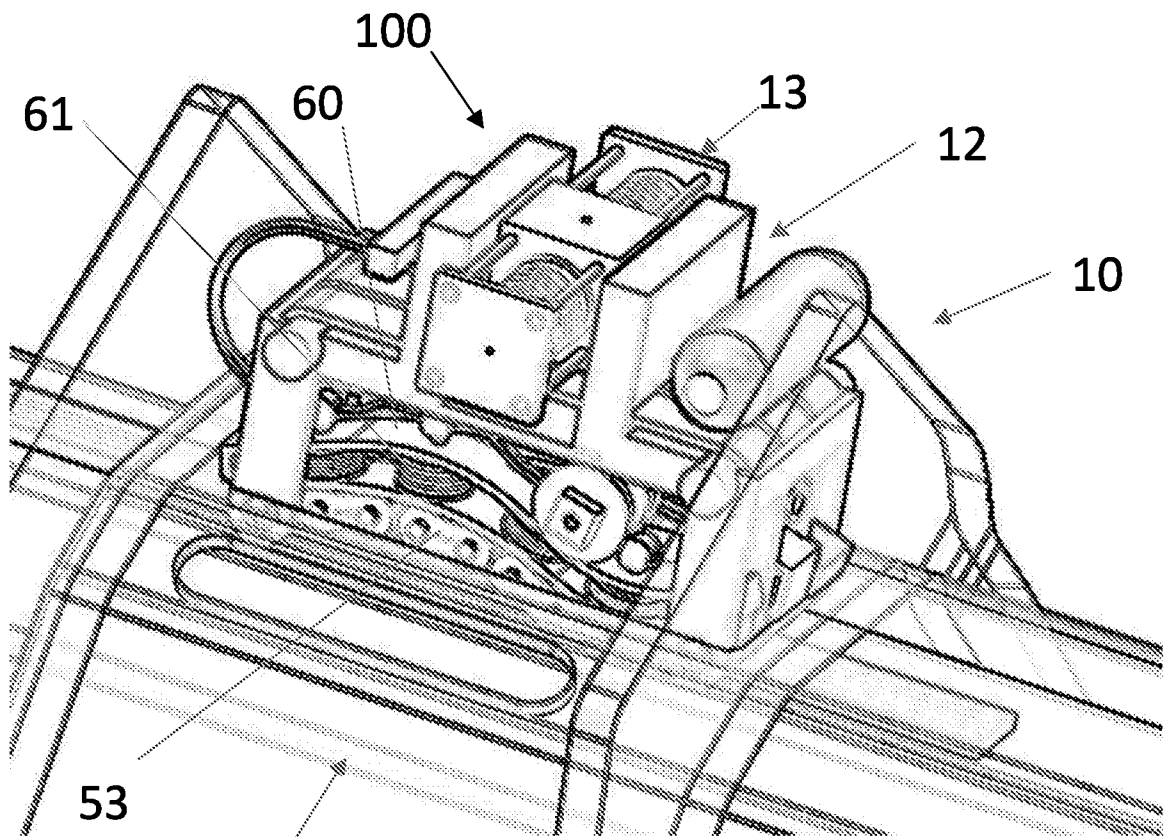
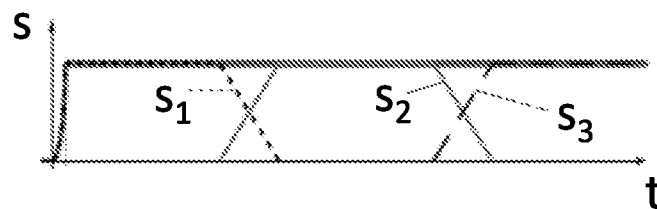
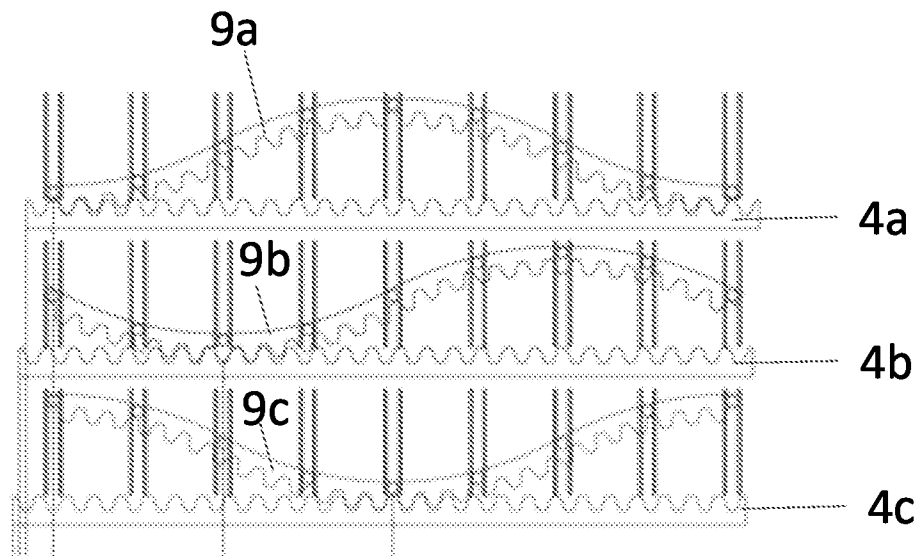
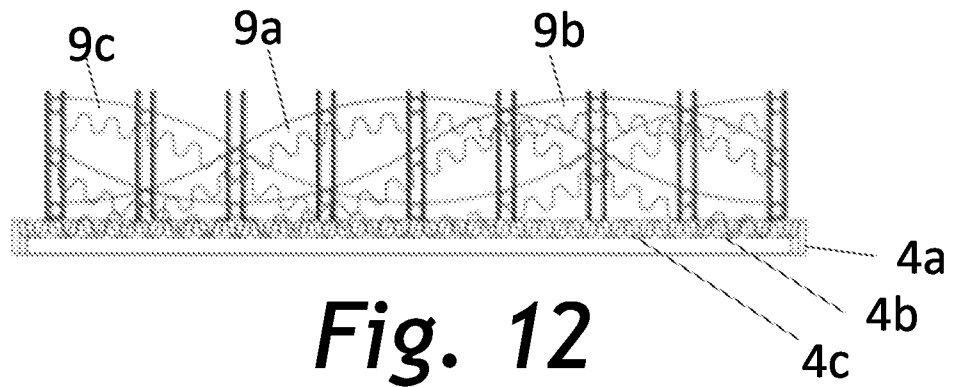


Fig. 11



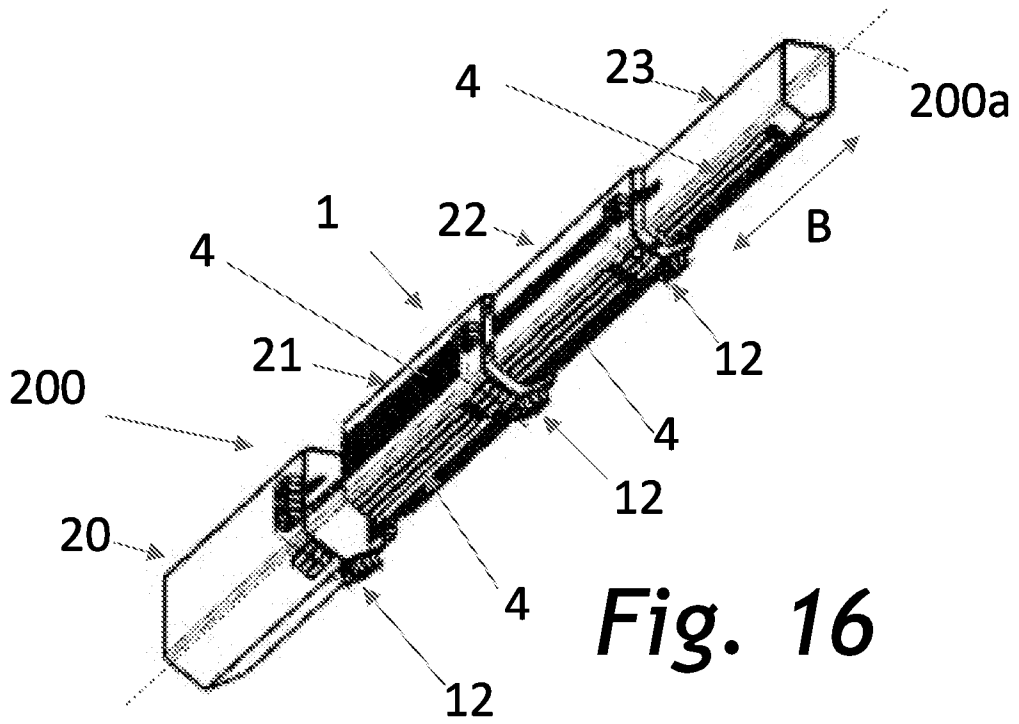
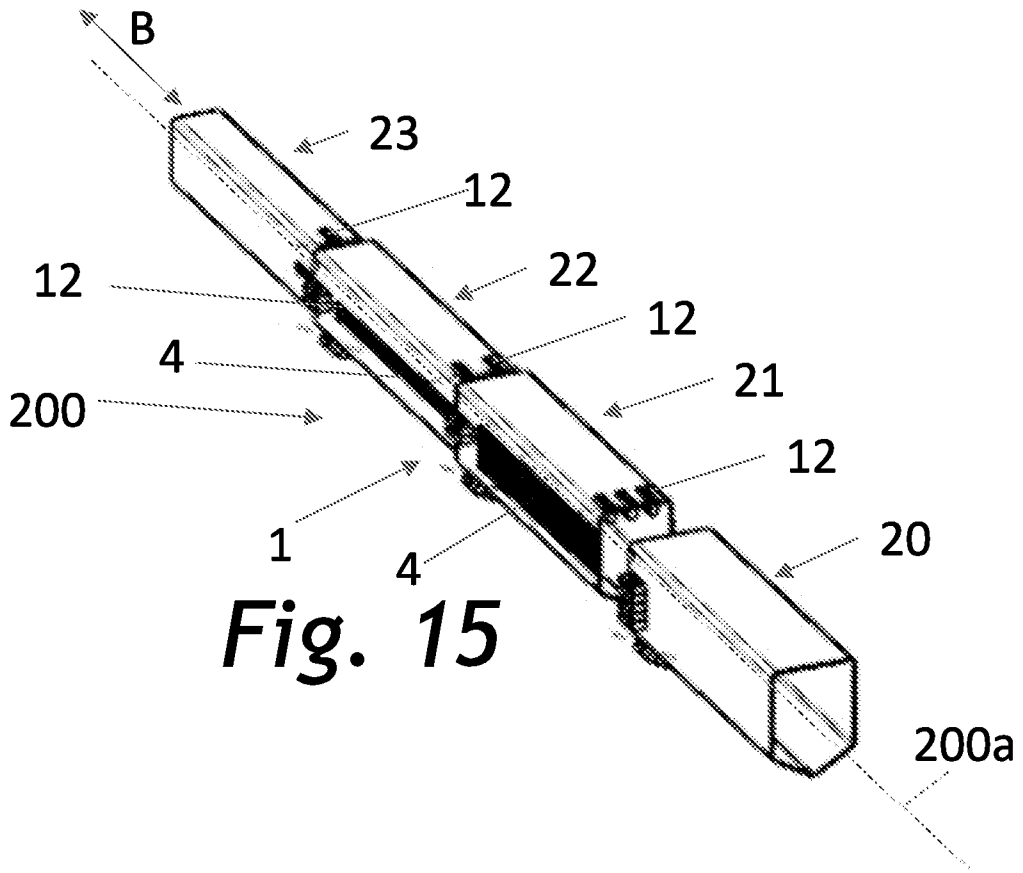


Fig. 17

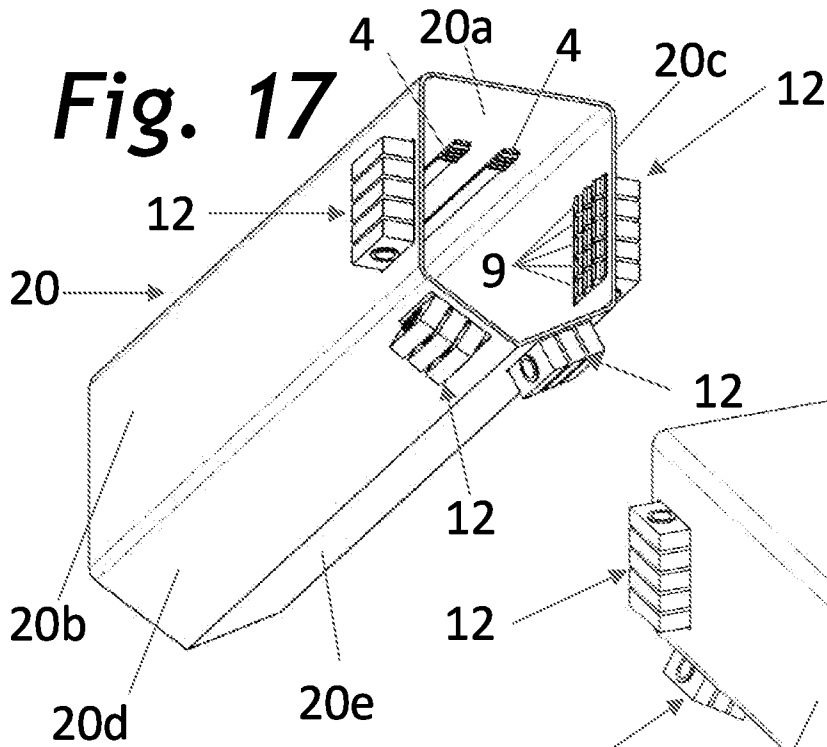


Fig. 18

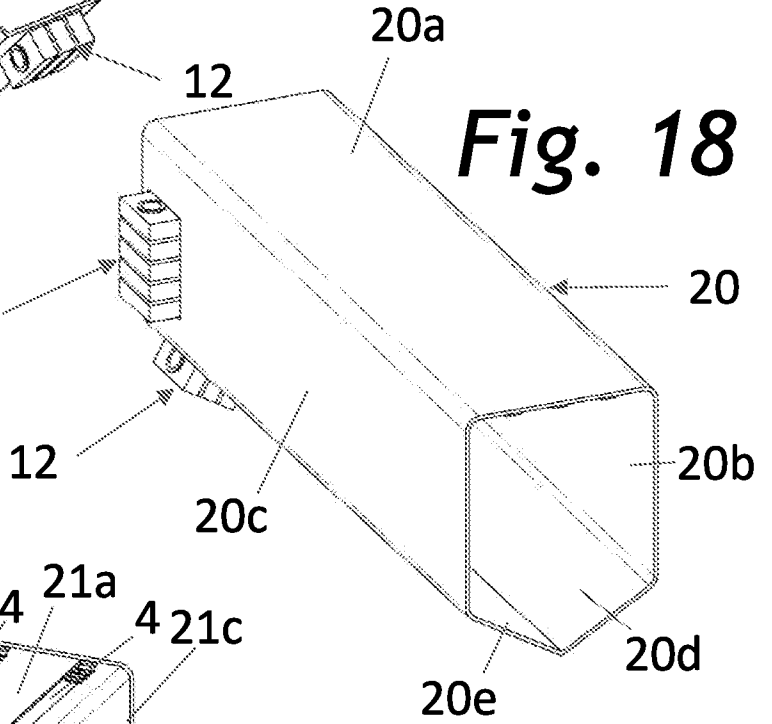


Fig. 19

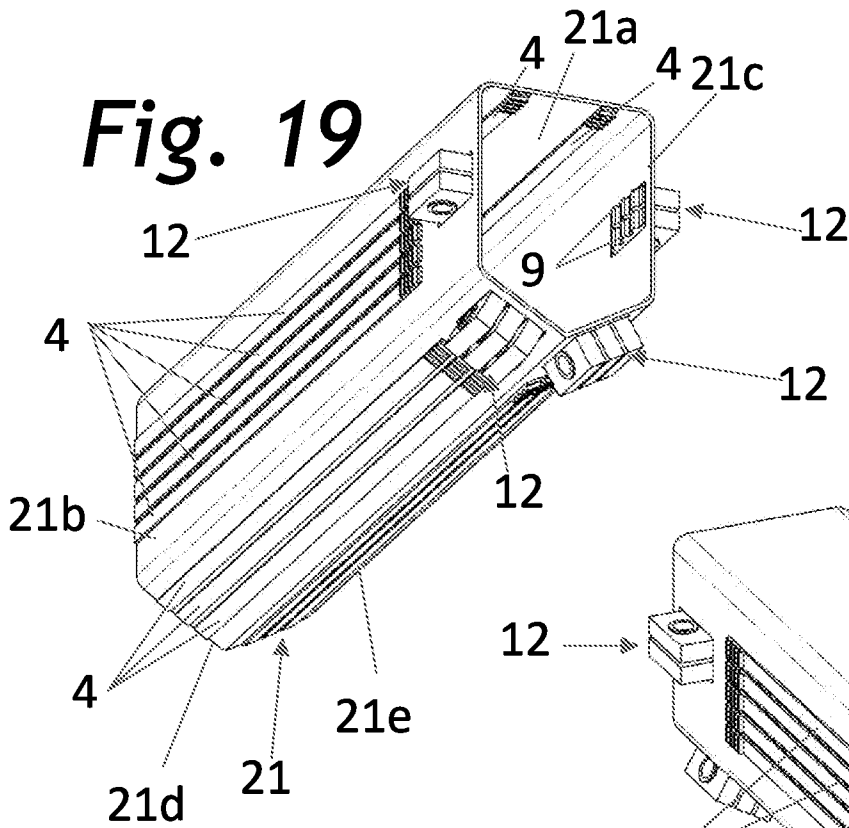


Fig. 20

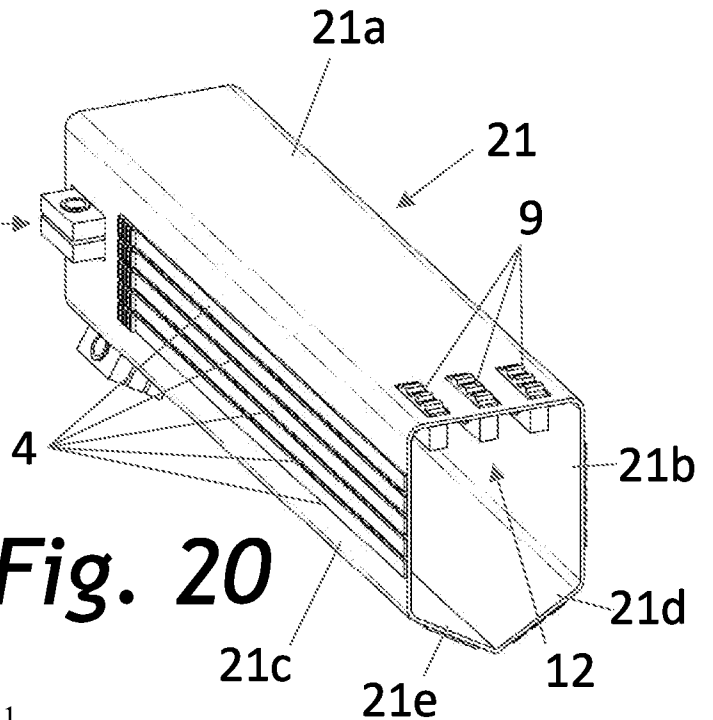


Fig. 21

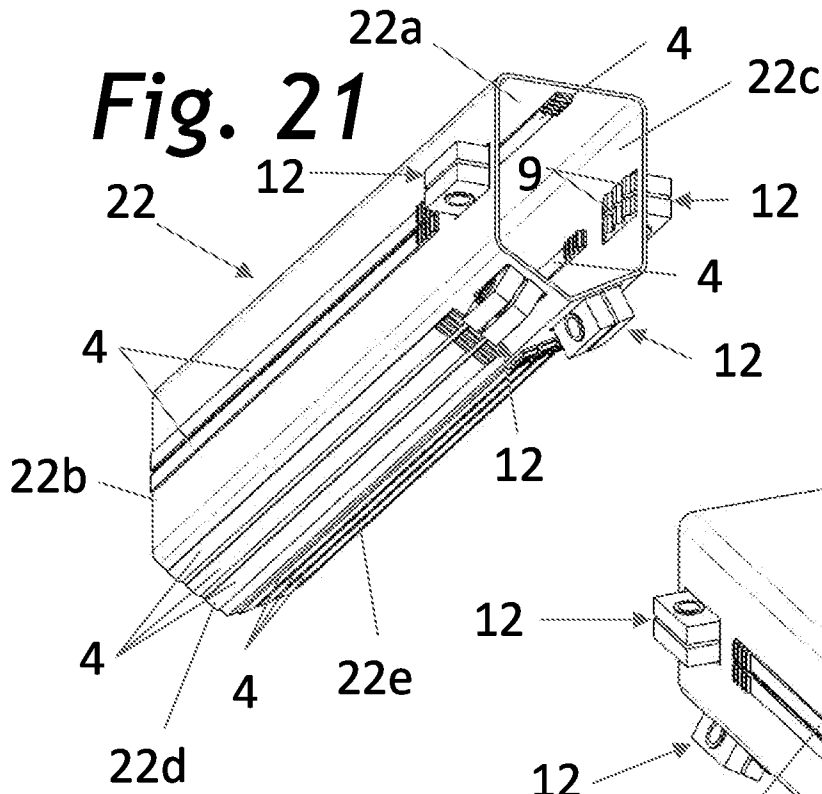


Fig. 22

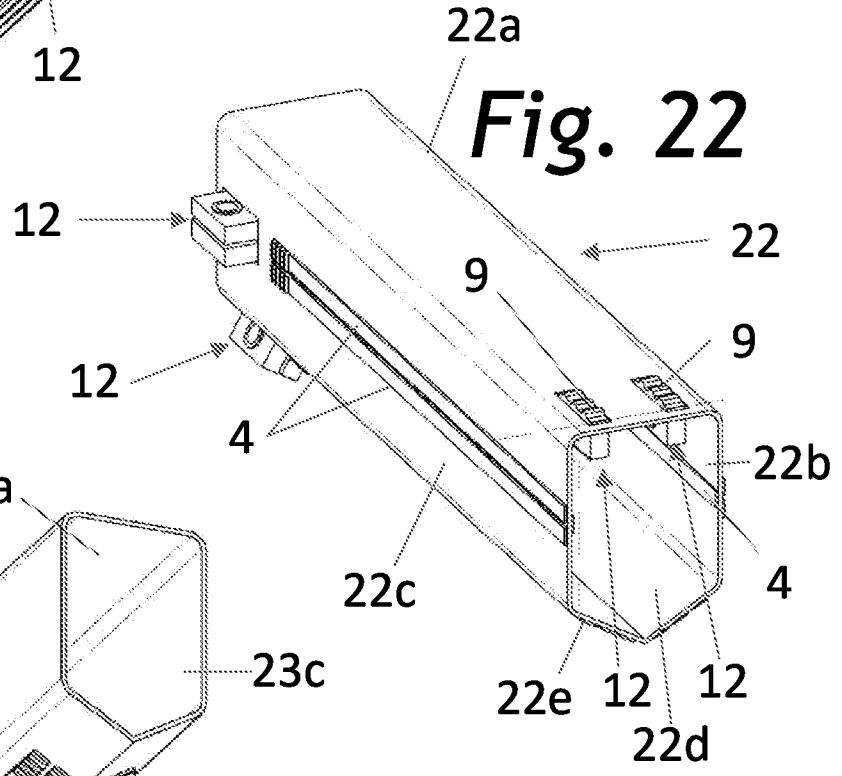


Fig. 23

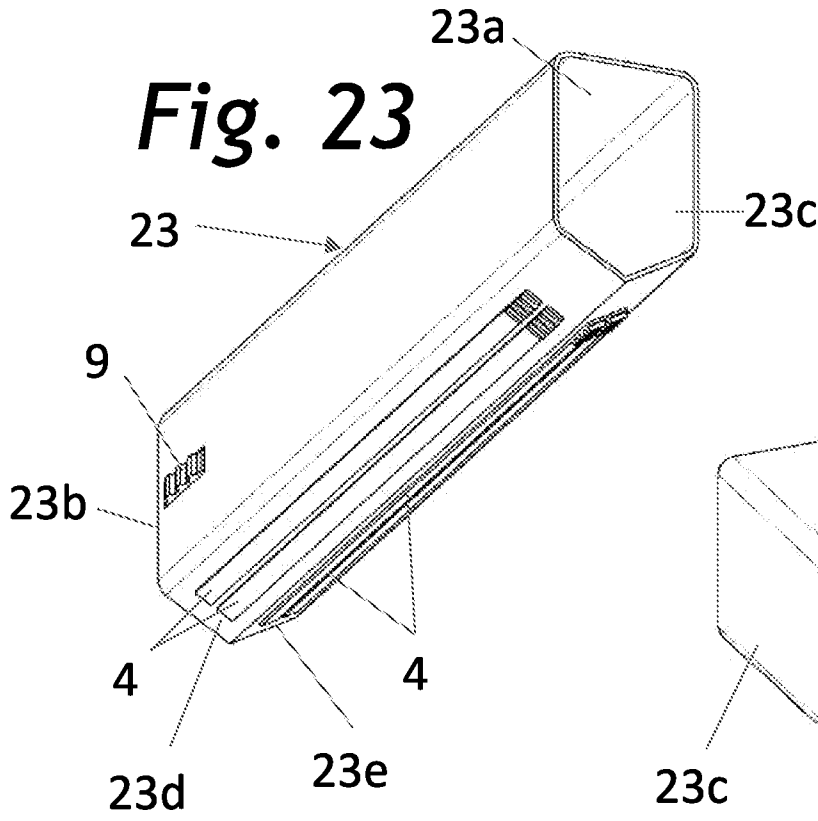
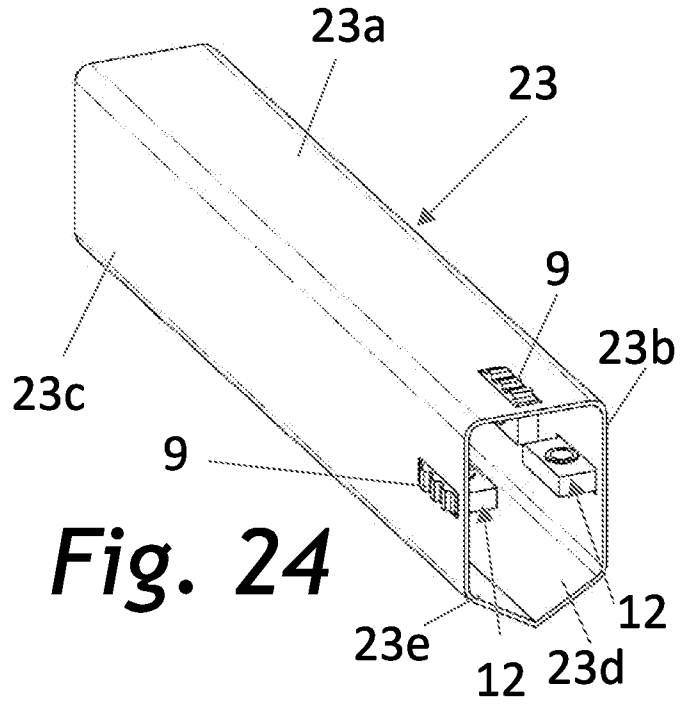


Fig. 24



P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Linearantrieb (1) für ein linear verschiebbares angetriebenes Element (2), mit zumindest einem linearen Spannungswellengetriebe (10), wobei das angetriebene Element (2) in einem Führungskörper (3) in zumindest einer Bewegungsrichtung (B) verschiebbar gelagert ist und eine Zahnstange (4) mit konstanter Teilung aufweist, wobei der Zahnstange (4) ein eine Antriebsverzahnung (5) aufweisendes Antriebselement (6) mit konstanter Teilung gegenüberliegend angeordnet ist, wobei zwischen der Teilung der Zahnstange (4) und der Teilung der Antriebsverzahnung (5) eine Teilungsdifferenz besteht, wobei die Antriebsverzahnung (5) an zumindest einer lokalen Eingriffsstelle (7) derart mit der Zahnstange (4) in Verzahnungseingriff bringbar ist, dass die Eingriffsstelle (7) kontinuierlich in Bewegungsrichtung (B) des angetriebenen Elementes (2) verschoben wird, wobei die Antriebsverzahnung (5) mittels eines Eingriffsantriebs (8) mit normal zur Bewegungsrichtung (B) des angetriebenen Elementes verlaufender Wirkrichtung an der jeweiligen Eingriffsstelle (7) in Eingriff mit der Zahnstange (4) des angetriebenen Elementes (2) bringbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Eingriffsantrieb (8) zumindest eine Steuerrolle (80; 80a, 80b) mit formveränderlichen Umfang (U) aufweist.
2. Linearantrieb (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Eingriffsantrieb (8) zumindest zwei in Bewegungsrichtung nebeneinander angeordnete Steuerrollen (80; 80a, 80b) aufweist, wobei jede Steuerrolle (80; 80a, 80b) einen formveränderlichen Umfang (U) aufweist.
3. Linearantrieb (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein normal zur Bewegungsrichtung (B) des angetriebenen Elementes (2) gemessener Durchmesser (D) zumindest einer Steuerrolle (80; 80a, 80b) zwischen einem definierten Minimalwert (D_{\min}) und einem definierten Maximalwert (D_{\max}) veränderbar ist.
4. Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Umfang (U) der Steuerrolle (80; 80a, 80b) piezohydraulisch veränderbar ist.

5. Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Umfang (U) zumindest einer Steuerrolle (80; 80a, 80b) durch eine hydraulische Kolbeneinheit veränderbar ist.
6. Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Steuerrolle (80; 80a, 80b) als Druckbehälter ausgebildet ist oder einen Druckbehälter beinhaltet, wobei zumindest eine Behälterwand des Druckbehälters, vorzugsweise ein Mantel des Druckbehälters, flexibel ausgebildet ist.
7. Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Steuerrolle (80; 80a, 80b) durch einen flexiblen Rundstab oder Ring gebildet ist, welcher vorzugsweise aus einem Faserverbundwerkstoff, besonders vorzugsweise aus Kohlenstofffaser-Verbundwerkstoff, besteht.
8. Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Antriebselement (6) und/oder zumindest eine Steuerrolle (80; 80a, 80b) eine Formgedächtnislegierung aufweist.
9. Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Antriebselement (6) ein Antriebstrum (9), vorzugsweise ein Rollenkette (53), aufweist.
10. Linearantrieb (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Antriebselement (6) ein biegeelastisches Band (60) aufweist, welches über zumindest ein Verbindungselement (61) mit dem Antriebstrum (9) verbunden ist, wobei vorzugsweise das biegeelastische Band (60) an den Enden über Drehpunkte (11) gelagert und/oder wellenförmig vorgespannt ist.
11. Linearantrieb (1) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das biegeelastische Band (60) eine Formgedächtnislegierung aufweist, wobei vorzugsweise nur ein einziger Eingriffsantrieb (8) – vorzugsweise im Bereich eines Viertels der Länge des Bandes (60) - mit dem elastischen Band (60) wirkverbunden ist.

12. Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das lineare Spannungswellengetriebe (10) mindestens eine als Modul ausgebildete Antriebseinheit (12) aufweist, wobei die Antriebseinheit (12) zumindest ein Antriebselement (6), zumindest einen Eingriffsantrieb (8) und eine Drucksteuereinheit (100) mit zumindest einen Piezoaktuator (13) und zumindest einem Antriebsbalg (87) aufweist.
13. Linearantrieb (1) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Antriebseinheit (12) zumindest zwei Antriebselemente (6) aufweist.
14. Linearantrieb (1) nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Antriebseinheit (12) pro Antriebselement (6) zumindest einen – vorzugsweise nur einen - Eingriffsantrieb (8) aufweist.
15. Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Linearantrieb (1) zumindest zwei Antriebseinheiten (12) aufweist.
16. Teleskopausleger (200) mit einem Auslegergrundkörper (20) und zumindest zwei Teleskopstufen (21, 23, 24), wobei eine nachfolgende Teleskopstufe (21, 22, 23, 24) in einer vorgehenden Teleskopstufe (20, 22, 23) oder im Auslegergrundkörper (20) verschiebbar gelagert ist, mit zumindest einem Linearantrieb (1), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 15, zum Antrieb zumindest einer Teleskopstufe (21, 22, 23, 24), dadurch gekennzeichnet, dass der Linearantrieb (1) zumindest ein lineares Spannungswellengetriebe (10) aufweist und zumindest eine Teleskopstufe (21, 22, 23, 24) in einem durch eine benachbarte Teleskopstufe (21, 22, 23) oder dem Auslegergrundkörper (20) gebildeten Führungskörper (3) in zumindest einer Bewegungsrichtung (B) verschiebbar gelagert ist und zumindest eine Zahnstange (4) mit konstanter Teilung aufweist, wobei der Zahnstange (4) ein eine Antriebsverzahnung (5) aufweisendes Antriebselement (6) mit konstanter Teilung gegenüberliegend in der benachbarten Teleskopstufe (21, 22, 23) oder im Auslegergrundkörper (20) angeordnet ist, wobei zwischen der Teilung der Zahnstange (4) und der Teilung der Antriebsverzahnung (5) eine Teilungsdifferenz besteht, wobei die Antriebsverzahnung (5) an zumindest einer lokalen Eingriffsstelle (7) derart mit der Zahnstange (4) in

Verzahnungseingriff bringbar ist, dass die Eingriffsstelle (7) kontinuierlich in Bewegungsrichtung (B) des angetriebenen Elementes (2) verschoben wird, wobei die Antriebsverzahnung (5) mittels eines Eingriffsantriebs (8) mit normal zur Bewegungsrichtung (B) des angetriebenen Elementes (2) verlaufender Wirkrichtung an der jeweiligen Eingriffsstelle (7) in Eingriff mit der Zahnstange (3) des angetriebenen Elements (2) bringbar ist.

17. Teleskopausleger (200) nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Eingriffsantrieb (8) zumindest eine Steuerrolle (80; 80a, 80b) mit vorzugsweise piezohydraulisch formveränderlichen Umfang (U) aufweist.
18. Teleskopausleger (200) nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein lineares Spannungswellengetriebe (10) mindestens eine vorzugsweise als Modul ausgebildete Antriebseinheit (12) aufweist, wobei die Antriebseinheit (12) zumindest ein - vorzugsweise durch ein Antriebsstrum (9) gebildetes - Antriebselement (6), zumindest einen Eingriffsantrieb (8) und eine Drucksteuereinheit (100) mit zumindest einen Piezoaktuator (13) und zumindest einem Antriebsbalg (87) aufweist.
19. Teleskopausleger (200) nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Auslegergrundkörper (20) oder die vorgehende Teleskopstufe (21, 22, 23) den Führungskörper (3) bildet und zumindest eine Antriebsverzahnung (5) aufweist und die nachfolgende Teleskopstufe (21, 22, 23, 24) zumindest eine Zahnstange (4) aufweist und/oder dass der Auslegergrundkörper (20) oder die vorgehende Teleskopstufe (21, 22, 23) zumindest eine Zahnstange (4) aufweist und die nachfolgende Teleskopstufe (21, 22, 23, 24) den Führungskörper (3) bildet und zumindest eine Antriebsverzahnung (5) aufweist.
20. Teleskopausleger (200) nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Teleskopstufe (21, 22, 23) oder der Auslegergrundkörper (20) mehrere Antriebsverzahnungen (5) aufweist, die mit zumindest einer Zahnstange (4) der nachfolgende oder vorhergehenden Teleskopstufe (21, 22, 23, 24) zusammenwirken.
21. Teleskopausleger (200) nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Antriebsverzahnung (5) und

zumindest eine Zahnstange (4) außerhalb des Auslegergrundkörpers (20) oder außerhalb von aufeinanderfolgenden Teleskopstufen (21, 22, 23, 24) des Teleskopauslegers (200) angeordnet sind.

22. Teleskopausleger (200) nach einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Antriebsverzahnung (5) und zumindest eine Zahnstange (4) innerhalb des Auslegergrundkörpers (20) oder innerhalb von aufeinanderfolgenden Teleskopstufen (21, 22, 23, 24) des Teleskopauslegers (200) angeordnet sind.

03.07.2023
FU/iv