

Notice

This translation is machine-generated. It cannot be guaranteed that it is intelligible, accurate, complete, reliable or fit for specific purposes. Critical decisions, such as commercially relevant or financial decisions, should not be based on machine-translation output.

ABSTRACT DE102020207037B4

¹⁰ The invention relates to a gripper (1) with at least two gripper fingers (2.1, 2.2), with a gripper base body (3) for each gripper finger (2.1, 2.2) in conjunction with at least one respective finger root link (7a) forming a first group of articulated proximal links, which has a first joint stiffness (G1), at least two adjacent middle finger phalanges form a second group of articulated medial links (7b), which has a second joint stiffness (G2) that is different from the first joint stiffness (G1) and a fingertip phalanx (7c) in conjunction with at least one further, adjacent finger phalanx forms a third group of articulated distal links, which has a third joint stiffness (G3) that is different from the first joint stiffness (G1) and the second joint stiffness (G2).

¹⁹ Die Erfindung betrifft einen Greifer (1) mit wenigstens zwei Greiferfingern (2.1, 2.2), wobei je Greiferfinger (2.1, 2.2) ein Greifergrundkörper (3) in Verbindung mit zumindest einem jeweiligen Fingerwurzelglied (7a) eine erste Gruppe von gelenkig verbundenen proximalen Gliedern bildet, die eine erste Gelenksteifigkeit (G1) aufweist, wenigstens zwei benachbarte mittlere Fingerglieder eine zweite Gruppe von gelenkig verbundenen medialen Gliedern (7b) bildet, die eine, von der ersten Gelenksteifigkeit (G1) verschiedene, zweite Gelenksteifigkeit (G2) aufweist und ein Fingerspitzenglied (7c) in Verbindung mit zumindest einem weiteren, benachbarten Fingerglied eine dritte Gruppe von gelenkig verbundenen distalen Gliedern bildet, die eine, von der ersten Gelenksteifigkeit (G1) und der zweiten Gelenksteifigkeit (G2) verschiedene, dritte Gelenksteifigkeit (G3) aufweist.



(10) **DE 10 2020 207 037 B4** 2022.01.13

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2020 207 037.7**

(22) Anmeldetag: **04.06.2020**

(43) Offenlegungstag: **09.12.2021**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **13.01.2022**

(51) Int Cl.: **B25J 15/12** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
KUKA Deutschland GmbH, 86165 Augsburg, DE

(74) Vertreter:
**Böss, Dieter Alexander, Dipl.-Ing. (Univ.), 84028
Landshut, DE**

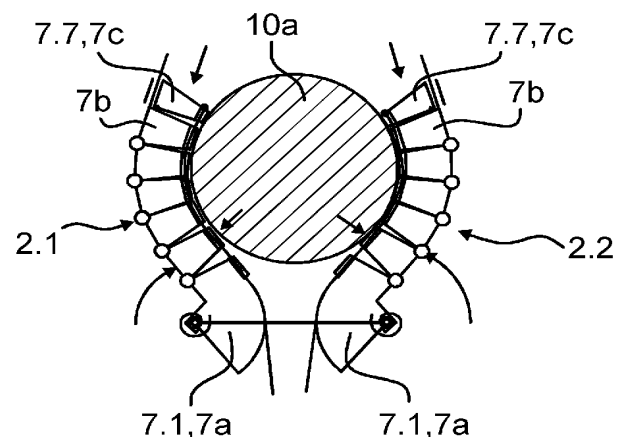
(72) Erfinder:
Riedel, Martin, 86165 Augsburg, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2006 009 559	B3
DE	10 2005 054 514	A1
US	8 573 663	B1
US	2006 / 0 145 495	A1
US	2017 / 0 105 346	A1
US	2 545 452	A
US	4 685 929	A

(54) Bezeichnung: **Greifer**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Greifer (1) mit wenigstens zwei Greiferfingern (2.1,2.2), wobei je Greiferfinger (2.1, 2.2) ein Greifergrundkörper (3) in Verbindung mit zumindest einem jeweiligen Fingerwurzelglied (7a) eine erste Gruppe von gelenkig verbundenen proximalen Gliedern bildet, die eine erste Gelenksteifigkeit (G1) aufweist, wenigstens zwei benachbarte mittlere Fingerglieder eine zweite Gruppe von gelenkig verbundenen medialen Gliedern (7b) bildet, die eine, von der ersten Gelenksteifigkeit (G1) verschiedene, zweite Gelenksteifigkeit (G2) aufweist und ein Fingerspitzenglied (7c) in Verbindung mit zumindest einem weiteren, benachbarten Fingerglied eine dritte Gruppe von gelenkig verbundenen distalen Gliedern bildet, die eine, von der ersten Gelenksteifigkeit (G1) und der zweiten Gelenksteifigkeit (G2) verschiedene, dritte Gelenksteifigkeit (G3) aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Greifer, aufweisend einen Greifergrundkörper, wenigstens zwei Greiferfinger, von denen wenigstens einer an dem Greifergrundkörper schwenkbar gelagert ist und wenigstens einen am Greifergrundkörper angeordneten Antriebsmotor, der ausgebildet ist zum Bewegen des wenigstens einen ihm zugeordneten, am Greifergrundkörper verstellbar gelagerten Greiferfingers, wobei der wenigstens eine an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerte Greiferfinger jeweils eine kinematische Kette von mehreren aufeinander folgenden, gegeneinander verstellbar gelagerten Fingergliedern aufweist, wobei jeweils ein in der kinematischen Kette proximales Fingerglied ein Fingerwurzelglied bildet und jeweils ein in der kinematischen Kette distales Fingerglied ein Fingerspitzenglied bildet, und jeweils wenigstens ein sich entlang der kinematischen Kette der jeweiligen Fingerglieder längserstreckendes Zugmittel vorgesehen ist, das mit dem jeweiligen Fingerspitzenglied verbunden ist und das ausgebildet ist zum Schwenken des jeweiligen an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerten Greiferfingers um eine dem Fingerwurzelglied zugeordnete Schwenkachse und zum Krümmen der kinematischen Kette der Fingerglieder durch Ziehen an dem Zugmittel.

[0002] Die DE 10 2006 009 559 B3 beschreibt eine Greifervorrichtung in der Art einer künstlichen Hand mit wenigstens zwei an einem Rahmen angebrachten Fingern, von denen zumindest ein Finger längs einer dem Finger zuzuordnenden Bewegungsebene mittels eines Aktors aus einer langgestreckten in eine gekrümmte Fingerposition überführbar ist, wobei der Finger einstückig ausgebildet ist und eine Längserstreckung aufweist, längs der wenigstens ein Bereich vorgesehen ist, um den der Finger in der ihm zugeordneten Bewegungsebene krümmbar ist, wobei der wenigstens eine Bereich, um den der Finger in der ihm zugeordneten Bewegungsebene krümmbar ist, gelenkartig ausgebildet ist, dass längs des wenigstens einen aktorisch krümmbaren Fingers ein Zug- und Druckkräfte übertragendes, länglich ausgebildetes Stellelement mit zwei Stellelementenden vorgesehen ist, von denen ein Stellelementende mit einem dem Rahmen gegenüberliegenden Fingerspitzenbereich des Fingers und das andere Stellelementende mit dem Aktor einstückig verbunden sind.

[0003] Die DE 10 2005 054 514 A1 beschreibt eine Vorrichtung zur Halterung eines Gegenstands in einem Fahrzeug bestehend aus zumindest einer Reihe von zueinander beweglichen Gliedern, wobei ein Glied am Ende der Reihe mit dem Fahrzeug verbunden ist, und wobei die Glieder fremdkraftbetätigt aus einer Ruhestellung, in der die Glieder vergleichbar mit einem ausgestreckten Finger eine Gerade bil-

den, in eine Greifstellung verlagerbar sind, in der die Glieder ähnlich wie bei einem gekrümmten Finger zueinander abgewinkelt sind, und jedes Glied den zu haltenden Gegenstand berührt, sodass die Glieder gemeinsam zumindest einen Abschnitt des Gegenstandes umgreifen.

[0004] Die US 2017/0105346 A1 beschreibt ein Robotersystem zur Ernte von Produkten, umfassend einen Endeffektor mit einer Vielzahl von Fingern, die durch Sehnen angetrieben werden, und eine Vielzahl von Aktuatoren, die für eine unabhängige Betätigung der Vielzahl von Fingern konfiguriert sind, wobei der Endeffektor so konfiguriert ist, dass er ein zu erntendes Produkt mit einem Kraftgriff greifen kann.

[0005] Die US 2006/0145495 A1 beschreibt eine Fingervorrichtung zum Ergreifen eines Gegenstandes, wobei eine erste und zweite Achse eines Basiselements unterschiedlich ausgerichtet sind und ein gemeinsamer Antriebsriemen für die erste Achse und die zweite Achse verwendet wird, um eine resultierende Kraft zu bilden, welche die relativen Positionen zueinander ändern, wobei ein elastisches Element die Hauptkörper zum Ändern oder Wiederherstellen der relativen Positionen der Hauptkörper durch eine elastische Kraft verbindet.

[0006] Die US 8,573,663 B1 beschreibt eine Roboterhand für die Fingergestikulation, welche einen Grundrahmen umfasst, der einen Mittelhandknochen der menschlichen Hand darstellt, und mindestens drei Finger, die auf dem Grundrahmen montiert sind. Jeder Finger hat mindestens zwei Fingerglieder, die jeweils durch zwei Gelenke verbunden sind, die eine Biegebewegung der Fingerglieder zwischen einer gestreckten und einer gebeugten Position ermöglichen.

[0007] Die US 4,685,929 A beschreibt eine Handprothese mit weichem Griff, die eine aus einem biegsamen Material hergestellte Handfläche und einen aus einem starren Material gebildeten Rückenteil aufweist, der eine Grundplatte mit einer Rückenfläche und einer Handinnenfläche umfasst, wobei diese eine Handfläche der Hand bildet, und wobei die Handprothese Finger aufweist, die abnehmbar an der Grundplatte an dem Rückenteil befestigt sind.

[0008] Die US 2,545,452 A beschreibt eine weitere Fingerkonstruktion einer künstlichen Hand.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Greifer mit wenigstens zwei Greiferfingern zu schaffen, der einen besonders zuverlässigen, kostengünstigen konstruktiven Aufbau aufweist und dennoch sehr flexibel für unterschiedlichste Greifanforderungen eingesetzt werden kann.

[0010] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Greifer, aufweisend einen Greifergrundkörper, wenigstens zwei Greiferfinger, von denen wenigstens einer an dem Greifergrundkörper jeweils schwenkbar gelagert ist und wenigstens einen am Greifergrundkörper angeordneten Antriebsmotor, der ausgebildet ist zum Bewegen des wenigstens einen ihm zugeordneten, an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerten Greiferfingers, wobei der wenigstens eine an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerte Greiferfinger jeweils eine kinematische Kette von mehreren aufeinander folgenden, gegeneinander verstellbar gelagerten Fingergliedern aufweist, wobei jeweils ein in der kinematischen Kette proximales Fingerglied ein Fingerwurzelglied bildet und jeweils ein in der kinematischen Kette distales Fingerglied ein Fingerspitzenglied bildet, und jeweils wenigstens ein sich entlang der kinematischen Kette der jeweiligen Fingerglieder längserstreckendes Zugmittel vorgesehen ist, das mit dem jeweiligen Fingerspitzenglied verbunden ist und das ausgebildet ist zum Schwenken des jeweiligen an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerten Greiferfingers um eine dem Fingerwurzelglied zugeordnete Schwenkachse und zum Krümmen der kinematischen Kette der Fingerglieder durch Ziehen an dem Zugmittel, wobei der Greifergrundkörper in Verbindung mit zumindest dem jeweiligen Fingerwurzelglied des wenigstens einen an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerten Greiferfingers eine erste Gruppe von gelenkig verbundenen proximalen Gliedern bildet, die eine erste Gelenksteifigkeit aufweist, wenigstens zwei benachbarte mittlere Fingerglieder des wenigstens einen an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerten Greiferfingers eine zweite Gruppe von gelenkig verbundenen medialen Gliedern bildet, die eine, von der ersten Gelenksteifigkeit verschiedene, zweite Gelenksteifigkeit aufweist und das Fingerspitzenglied des wenigstens einen an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerten Greiferfingers in Verbindung mit zumindest einem weiteren, benachbarten Fingerglied eine dritte Gruppe von gelenkig verbundenen distalen Gliedern bildet, die eine, von der ersten Gelenksteifigkeit und der zweiten Gelenksteifigkeit verschiedene, dritte Gelenksteifigkeit aufweist, wobei die erste Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern als erste Drehgelenke ausgebildet sind, die zweite Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern als zweite Drehgelenke ausgebildet sind, und/oder die dritte Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern als Schubgelenke ausgebildet sind.

[0011] In einer einfachen Ausgestaltung kann der Greifer demgemäß beispielsweise einen an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerten ersten Greiferfinger aufweisen und einen an dem Greifergrundkörper starr befestigten zweiten Greiferfinger aufweisen. Der insoweit einzige bewegliche erste Greiferfinger wirkt mit dem insoweit einzigen starren zweiten Greiferfinger so zusammen, dass alleine

durch eine Bewegung des verstellbar gelagerten ersten Greiferfingers der Greifer geöffnet und geschlossen werden kann. Dies erfolgt, indem der verstellbar gelagerte erste Greiferfinger zum Schließen des Greifers auf den starr befestigten zweiten Greiferfinger zubewegt wird und zum Öffnen des Greifers von dem starr befestigten zweiten Greiferfinger wegbe-
wegt wird.

[0012] Der Greifer kann in verschiedenen Abwandlungen zwei oder mehr Paare von einem an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerten ersten Greiferfinger und einem an dem Greifergrundkörper starr befestigten zweiten Greiferfinger aufweisen. Der jeweilige an dem Greifergrundkörper starr befestigte zweite Greiferfinger kann insofern eine einfache Gegenhaltung zu dem jeweiligen an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerten ersten Greiferfinger darstellen.

[0013] In einer bevorzugten Weiterentwicklung kann der Greifer wenigstens zwei an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerte Greiferfinger aufweisen. Der Greifer kann genau zwei an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerte Greiferfinger aufweisen. In einer solchen Ausführungsform können starre Greiferfinger ganz entfallen. Der Greifer kann aber auch mehrere Paare von jeweils zwei an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerte Greiferfinger aufweisen. Es können auch eine ungerade Anzahl von an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerten Greiferfingern zusammenwirken.

[0014] Der Greifer kann in verschiedenen Abwandlungen zwei oder mehr Paare von an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerten ersten Greiferfingern und an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerten zweiten Greiferfingern aufweisen. Jeweils ein verstellbarer erster Greiferfinger wirkt insoweit mit jeweils einem verstellbaren zweiten Greiferfinger ein Paar bildend zusammen, die gegeneinander verstellbar sind und dadurch der Greifer geöffnet bzw. geschlossen werden kann.

[0015] Der Greifer ist ein robotischer Greifer, d.h. er kann ausgebildet sein, beispielsweise durch einen Roboterarm automatisch im Raum bewegt und betätigt, d.h. geöffnet und geschlossen zu werden.

[0016] Der Greifer kann, je nach Anwendung, beispielsweise paarweise in Art eines Zangengreifers konfiguriert sein, oder in Form einer anthropomorphen Greiferhand mit mehr als zwei Greiferfingern konfiguriert sein. Demgemäß können zwei oder mehrere Greiferfinger als Komponenten des Greifers verwendet werden. Der Greifer kann insbesondere bei teil- oder vollautomatisierten robotischen Greifaufgaben eingesetzt werden. Insofern kann der Greifer, der zwei oder mehrere Greiferfinger, insbesondere paarweise aufweist, ein Greifwerkzeug bilden, das

von einem Roboterarm in einem Handfahrbetrieb oder programmgesteuert automatisch gehandhabt, insbesondere bewegt und betätigt werden kann. Der Greifer kann insbesondere programmgesteuert automatisch geöffnet und geschlossen werden.

[0017] Der Greifergrundkörper bildet eine Basis, an welcher die wenigstens zwei oder die mehreren Greiferfinger gelagert bzw. befestigt sind. Der Greifergrundkörper kann insoweit eine Handwurzel bilden, an welcher die zwei oder mehreren Greiferfinger je nachdem beweglich oder starr angeordnet sind, wobei der Greifergrundkörper an einem Werkzeugflansch eines Roboterarms oder eines analogen Handhabungsgerätes befestigt werden kann.

[0018] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines beispielhaften an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerten Greiferfingers beschrieben. Alle beschriebenen Ausführungen sind anhand eines solchen verstellbar gelagerten Greiferfingers beschrieben und können unabhängig von der tatsächlichen Anzahl von beweglichen oder starren Greiferfingern, die an einem konkreten Greifer vorhanden sein können, für einen einzigen an dem Greifergrundkörper des jeweiligen Greifers verstellbar gelagerten Greiferfinger verwirklicht sein, oder für zwei oder mehr solcher an dem Greifergrundkörper des jeweiligen Greifers verstellbar gelagerten Greiferfinger verwirklicht sein.

[0019] Die Fingerglieder des Greiferfingers können starre Einzelglieder sein, analog den Fingergelenken einer Hand eines Menschen. Diese Fingerglieder sind über Gelenke miteinander verbunden. Zur Bildung eines anthropomorphen Fingers können die Fingerglieder seriell nacheinander angeordnet verbunden sein, so dass sich stets ein starres Fingerglied und ein bewegliches Fingergelenk abwechseln.

[0020] Die mehreren Fingerglieder und die mehreren Fingergelenke bilden demgemäß eine kinematische Kette von mehreren aufeinander folgenden, gegeneinander verstellbar gelagerten Fingergliedern. Jeder Greiferfinger kann prinzipiell eine weitgehend beliebige Anzahl von Fingergliedern und Fingergelenken aufweisen. Eine in den meisten allgemeinen Fällen sinnvolle Anzahl von Fingergliedern kann beispielsweise zwischen drei Fingergliedern und zwölf Fingergliedern liegen.

[0021] Die Kette von mehreren Fingergliedern und mehreren Fingergelenken weist an einem Ende ein erstes Endglied auf, welches das proximale Fingerglied ist und insoweit ein Fingerwurzelglied des Greiferfingers bildet. Das Fingerwurzelglied kann dasjenige Fingerglied sein, mit dem der gesamte Greiferfinger beispielsweise an einem Grundkörper des Greifers gelagert ist.

[0022] Jede Kette von mehreren Fingergliedern und mehreren Fingergelenken weist außerdem an dem anderen Ende ein zweites Endglied auf, welches das distale Fingerglied ist und insoweit ein Fingerspitzenmitglied des Greiferfingers bildet.

[0023] Das Zugmittel kann innerhalb der Hüllfläche des Greiferfingers angeordnet sein. Das Zugmittel liegt dabei bezogen auf die neutrale Faser des jeweiligen Greiferfingers näher an der konkaven Seite des gekrümmten Greiferfingers. Das Zugmittel kann ein einziges Einzelzugmittel sein. Alternativ kann das Zugmittel von zwei oder mehreren Einzelzugmitteln gebildet werden. Beispielsweise können zwei Einzelzugmittel an einem Greiferfinger vorgesehen sein, die in einem Abstand voneinander, parallel zueinander entlang des Greiferfingers verlaufen.

[0024] Die Fingerglieder des Greiferfingers können Durchbrüche, Löcher, randoffene Aussparungen, Rillen oder Nuten aufweisen, in denen das erste Zugmittel bzw. die ein oder mehreren Einzelzugmittel geführt sind. Das Zugmittel ist ausgebildet zumindest Zugkräfte zu übertragen. Insoweit kann das Zugmittel beispielsweise durch Seile, Kabel, Drähte oder Schnüre gebildet werden.

[0025] Das Zugmittel kann aber gegebenenfalls auch ausgebildet sein, sowohl Zugkräfte als auch Druckkräfte zu übertragen, wobei dies im Allgemeinen nicht notwendig ist, insbesondere dann nicht, wenn andere Einrichtungen vorgesehen werden, um den Greiferfinger wieder in seinen gestreckten Zustand zu bringen, wie beispielsweise die im Folgenden noch näher beschriebenen Federelemente, Federvorrichtungen und/oder Rückhaltemittel bzw. Rückholmittel.

[0026] Das Zugmittel, das mit dem jeweiligen Fingerspitzenmitglied verbunden ist, ist nicht nur dazu ausgebildet, den jeweiligen Greiferfinger in einem ersten Schritt um eine dem Fingerwurzelglied zugeordnete Schwenkachse durch Ziehen an dem Zugmittel zu schwenken und in einem zweiten Schritt die kinematische Kette der Fingerglieder durch Ziehen an dem Zugmittel zu krümmen, sondern das Zugmittel ist außerdem dazu ausgebildet, in einem dritten Schritt zumindest das Fingerspitzenmitglied gegen das zu greifende Objekt zu spannen.

[0027] Mittels der erfindungsgemäßen Lösung kann also durch ein einziges Ziehen an dem alleinigen Zugmittel des jeweiligen Greiferfingers der Greiferfinger zunächst in einem ersten Schritt durch Schwenken an das zu greifende Objekt bis zu einer Berührung des Greiferfingers mit dem Objekt herangeführt werden. Anschließend kann durch weiteres Ziehen an dem Zugmittel in dieselbe Zugrichtung in einem zweiten Schritt der Greiferfinger sich krümmen, so dass sich mehrere mediale Glieder des Greiferfin-

gers, insbesondere nacheinander, an das Objekt anlegen können. Abschließend kann ebenfalls durch weiteres Ziehen an dem Zugmittel in dieselbe Zugrichtung in einem dritten Schritt zumindest das Fingerspitzenglied gegen das Objekt gespannt werden.

[0028] Um den ersten Schritt des Schwenkens durchführen zu können, bildet je Greiferfinger der Greifergrundkörper in Verbindung mit zumindest dem jeweiligen Fingerwurzelglied eine erste Gruppe von gelenkig verbundenen proximalen Gliedern, die eine erste Gelenksteifigkeit aufweist. Die erste Gruppe von gelenkig verbundenen proximalen Gliedern wird zumindest von dem Greifergrundkörper und dem Fingerwurzelglied gebildet. Insofern kann eine solche erste Gruppe lediglich ein einziges Gelenk aufweisen, das die erste Gelenksteifigkeit aufweist. Alternativ kann die erste Gruppe aber auch von dem Greifergrundkörper, dem Fingerwurzelglied und einer Anzahl von weiteren, folgenden Fingergliedern gebildet werden. Insofern kann eine solche erste Gruppe zwei oder mehr als zwei Gelenke aufweisen, welche die erste Gelenksteifigkeit aufweisen.

[0029] Um den zweiten Schritt des Krümmens durchführen zu können, bilden wenigstens zwei benachbarte mittlere Fingerglieder eine zweite Gruppe von gelenkig verbundenen medialen Gliedern, die eine von der ersten Gelenksteifigkeit verschiedene, zweite Gelenksteifigkeit aufweist. Die zweite Gruppe von gelenkig verbundenen medialen Gliedern wird zumindest von zwei medialen Fingergliedern gebildet. Insofern kann eine solche zweite Gruppe lediglich ein einziges Gelenk aufweisen, das die zweite Gelenksteifigkeit aufweist. Alternativ kann die zweite Gruppe aber auch von drei oder mehr als drei medialen Fingergliedern gebildet werden. Insofern kann eine solche zweite Gruppe zwei oder mehr als zwei Gelenke aufweisen, welche die zweite Gelenksteifigkeit aufweisen.

[0030] Um den dritten Schritt des Spannens durchführen zu können, bilden das Fingerspitzenglied in Verbindung mit zumindest einem weiteren, benachbarten Fingerglied eine dritte Gruppe von gelenkig verbundenen distalen Gliedern, die eine von der ersten Gelenksteifigkeit und der zweiten Gelenksteifigkeit verschiedene, dritte Gelenksteifigkeit aufweist. Die dritte Gruppe von gelenkig verbundenen distalen Gliedern wird zumindest von dem Fingerspitzenglied und einem weiteren, benachbarten Fingerglied gebildet. Insofern kann eine solche dritte Gruppe lediglich ein einziges Gelenk aufweisen, das die dritte Gelenksteifigkeit aufweist. Alternativ kann die dritte Gruppe aber auch von dem Fingerspitzenglied und zwei oder mehr als zwei weiteren, folgenden Fingergliedern gebildet werden. Insofern kann eine solche dritte Gruppe zwei oder mehr als zwei Gelenke auf-

weisen, welche die dritte Gelenksteifigkeit aufweisen.

[0031] Die erfindungsgemäße Lösung ist bisher und wird auch im Folgenden anhand von drei Gruppen mit drei unterschiedlichen Gelenksteifigkeiten beschrieben. Der ersten Gruppe von Fingergliedern ist demgemäß das Schwenken zugeordnet. Der zweiten Gruppe von Fingergliedern ist demgemäß das Krümmen zugeordnet. Der dritten Gruppe von Fingergliedern ist demgemäß das Spannen zugeordnet.

[0032] Die drei genannten Bewegungsabläufe des Schwenkens, des Krümmens und des Spannens können jedoch auch durch mehr als drei Gruppen von Fingergliedern realisiert werden, wobei jeder Gruppe der mehr als drei Gruppen von Fingergliedern jeweils eine eigene unterschiedliche Gelenksteifigkeit zugeordnet sein kann. Demgemäß kann in einer extremen Ausführungsform jedes Gelenk der kinematischen Kette von Fingergliedern eine eigene unterschiedliche Gelenksteifigkeit aufweisen. Die Gelenksteifigkeiten erhöhen sich dabei ausgehend vom proximalen Ende der kinematischen Kette von Fingergliedern in Richtung des distalen Endes der kinematischen Kette der Fingerglieder Schritt für Schritt an jedem Gelenk, das zwei benachbarte Fingerglieder verbindet.

[0033] Demgemäß kann die erste Gruppe von gelenkig verbundenen proximalen Gliedern eine erste Gelenksteifigkeit aufweisen, die geringer ist als die zweite Gelenksteifigkeit der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen medialen Gliedern, und die dritte Gruppe von gelenkig verbundenen distalen Gliedern kann dabei eine dritte Gelenksteifigkeit aufweisen, die höher ist als die zweite Gelenksteifigkeit der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen medialen Gliedern. Insofern weist die dritte Gruppe von gelenkig verbundenen distalen Gliedern dann eine dritte Gelenksteifigkeit auf, die auch höher ist als die erste Gelenksteifigkeit der ersten Gruppe von gelenkig verbundenen proximalen Gliedern.

[0034] Aufgrund der geringsten Gelenksteifigkeit der ersten Gruppe von gelenkig verbundenen proximalen Gliedern, führt der Greiferfinger zunächst in der Zone der proximalen Glieder im Wesentlichen eine Schwenkbewegung aus, ohne dass die medialen Fingerglieder in der medialen Zone eine wesentliche Krümmung des Greiferfingers ausführen würden, und ohne dass zumindest das Fingerspitzenglied in der Zone der distalen Glieder eine wesentliche Spannbewegung ausführen würde.

[0035] Gleichwohl kann es je nach konkreter Ausführungsvariante der im Folgenden beschriebenen Federelemente, Federvorrichtungen und/oder Rückhaltmitteln immanent sein, dass bei einer Ausfüh-

rung einer Schwenkbewegung im ersten Schritt die anderen Fingerglieder eine geringfügige Krümmungsbewegung und/oder Spannbewegung ausführen. Diese geringfügige Krümmungsbewegung und/oder Spannbewegung ist jedoch vernachlässigbar klein gegenüber der Größe der Schwenkbewegung im ersten Schritt.

[0036] Im gleichen Sinne kann bei einer Ausführung einer Krümmungsbewegung im zweiten Schritt immanent sein, dass die anderen Fingerglieder eine geringfügige Spannbewegung ausführen. Diese geringfügige Spannbewegung ist jedoch vernachlässigbar klein gegenüber der Größe der Krümmungsbewegung im zweiten Schritt.

[0037] Während der Ausführung einer Krümmungsbewegung im zweiten Schritt kann jedoch keine Schwenkbewegung mehr stattfinden, da die proximalen Fingerglieder bereits berührend an dem Objekt anliegen und insoweit deren Gelenke gegen eine weitere Schwenkbewegung aufgrund des gegriffenen Objekts gesperrt sind. Im gleichen Sinne kann während der Ausführung einer Spannbewegung im dritten Schritt keine Krümmungsbewegung mehr stattfinden, da die medialen Fingerglieder bereits berührend an dem Objekt anliegen und insoweit deren Gelenke gegen eine weitere Krümmungsbewegung aufgrund des gegriffenen Objekts gesperrt sind. Selbstverständlich ist während der Ausführung einer Spannbewegung im dritten Schritt dann auch keine Schwenkbewegung der proximalen Fingerglieder mehr möglich.

[0038] Die erste Gelenksteifigkeit der ersten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern kann somit derart eingestellt sein, dass bei einer durch den wenigstens einen Antriebsmotor angetriebenen Bewegung des Zugmittels zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich die Glieder der ersten Gruppe gegeneinander verstellbar werden, so dass der wenigstens eine an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerte Greiferfinger zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich eine Krümmungsbewegung ausführen, und die zweite Gelenksteifigkeit der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern kann dabei derart eingestellt sein, dass bei einer durch den wenigstens einen Antriebsmotor angetriebenen Bewegung des Zugmittels zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich die Glieder der zweiten Gruppe gegeneinander verstellbar werden, so dass der wenigstens eine an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerte Greiferfinger zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich eine Krümmungsbewegung ausführen, und die dritte Gelenksteifigkeit der dritten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern kann dabei derart eingestellt sein, dass bei einer durch den wenigstens einen Antriebsmotor angetriebenen Bewegung des Zugmittels zumindest in Wesentlichen vorrangig

oder ausschließlich die Glieder der dritten Gruppe gegeneinander verstellbar werden, so dass der wenigstens eine an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerte Greiferfinger im Bereich seines Fingerspitzengliedes zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich eine Spannbewegung ausführen.

[0039] Die erste Gelenksteifigkeit der ersten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern kann eingestellt sein, durch einzelne erste Federelemente, die den Gelenken der verbundenen Glieder der ersten Gruppe zugeordnet sind, die zweite Gelenksteifigkeit der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern kann dabei eingestellt sein, durch einzelne zweite Federelemente, die den Gelenken der verbundenen Glieder der zweiten Gruppe zugeordnet sind, und die dritte Gelenksteifigkeit der dritten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern kann dabei eingestellt sein, durch einzelne dritte Federelemente, die den Gelenken der verbundenen Glieder der dritten Gruppe zugeordnet sind.

[0040] Die ersten Federelemente, oder ein einzelnes erstes Federelement und die zweiten Federelemente können als Drehfedern ausgebildet sein. Demgemäß können die Gelenke der ersten Gruppe von Fingergliedern und der zweiten Gruppe von Fingergliedern vorzugsweise als Drehgelenke ausgebildet sein. Die dritten Federelemente können vorzugsweise als Schubfedern oder als Biegefedern ausgebildet sein. Demgemäß können die Gelenke der dritten Gruppe von Fingergliedern vorzugsweise als Schubgelenke oder als Schub-/Schwenkgelenke ausgebildet sein.

[0041] Die erste Gelenksteifigkeit der ersten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern kann eingestellt sein, durch eine gemeinsame erste Federvorrichtung, die den Gelenken der verbundenen Glieder der ersten Gruppe zugeordnet sind, die zweite Gelenksteifigkeit der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern kann dabei eingestellt sein, durch eine gemeinsame zweite Federvorrichtung, die den Gelenken der verbundenen Glieder der zweiten Gruppe zugeordnet sind, und/oder die dritte Gelenksteifigkeit der dritten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern kann dabei eingestellt sein, durch eine gemeinsame dritte Federvorrichtung, die den Gelenken der verbundenen Glieder der dritten Gruppe zugeordnet sind.

[0042] Demgemäß können die erste Federvorrichtung, die zweite Federvorrichtung und/oder die dritte Federvorrichtung jeweils durch ein einzelnes Federbauteil gebildet werden, dass sich über zwei oder mehr als zwei zugeordnete Gelenke erstreckt, welche dieselbe Gelenksteifigkeit bzw. dieselbe Federsteifigkeit der jeweils betroffenen Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern aufweisen. In einer speziellen

Ausführungsform kann die dritte Federvorrichtung von beispielsweise einem Paar von Biegefedern gebildet werden, welche Teil eines Viergelenks sind, mittels dem das Fingerspitzenglied an das benachbarte mediale Fingerglied gelenkig angekoppelt ist. Je nach Ausbildung eines solchen Viergelenks kann das Fingerspitzenglied relativ zum benachbarten medialen Fingerglied eine kombinierte Schub-/Schwenkbewegung ausführen. Im einfachsten Falle können die Biegefedern zur Bildung eines Parallelogrammgelenks parallel zueinander ausgerichtet angeordnet sein. Je nach Ausbildung des Viergelenks kann zumindest das Fingerspitzenglied während seiner Spannbewegung des dritten Schritts nicht nur eine auf das gegriffene Objekt gerichtete lineare Bewegung ausführen, sondern beispielsweise auch eine eindrehende, an das Objekt hin schwenkende Bewegung ausführen. Die Spannbewegung kann also auch eine überlagerte Schubbewegung und Schwenkbewegung sein. Alternativ kann die Spannbewegung eine reine Schubbewegung sein. Alternativ kann die Spannbewegung eine reine Schwenkbewegung sein.

[0043] Erfindungsgemäß sind die erste Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern als erste Drehgelenke ausgebildet, die zweite Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern als zweite Drehgelenke ausgebildet, und/oder die dritte Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern als Schubgelenke ausgebildet.

[0044] Die wenigstens eine an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerte Greiferfinger, insbesondere zwei Greiferfinger oder jeweils ein Paar von Greiferfingern, oder alle Greiferfinger können von einem einzelnen Antriebsmotor gemeinsam angetrieben sein.

[0045] Die an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerten Greiferfinger werden durch die Zugmittel geschwenkt, gekrümmt und gespannt. Insofern erfolgt ein Antreiben der Greiferfinger durch den Antriebsmotor dadurch, dass der Antriebsmotor eine Zugkraft auf das jeweilige Zugmittel bzw. auf die Zugmittel oder auf alle Zugmittel ausübt.

[0046] Die jeweiligen Zugmittel der mehreren an dem Greifergrundkörper verstellbar gelagerten Greiferfinger können einzeln auf einer eigenen Seilwinde oder in Bündeln zusammengefasst auf einer gemeinsamen Seilwinde auflaufen und ablaufen. Als Seilwinde wird im Zusammenhang mit der Erfindung jegliche Vorrichtung verstanden, welche angetrieben durch den Antriebsmotor geeignet ist und ausgebildet ist eine Zugkraft auf das Seil oder die Seile auszuüben, indem das Seil oder die Seile aufgewickelt bzw. abgewickelt werden. Das Aufwickeln und Abwickeln kann über mehrere Umdrehungen hinweg möglich sein. Alternativ kann es aber auch ausreichend sein, wenn das Seil oder die Seile lediglich

um weniger als 360 Grad aufwickelt und abwickelt werden. So kann es je nach konstruktiver Ausgestaltung des Greifers und der Greiferfinger gegebenenfalls ausreichend sein, wenn sich das Seil oder die Seile nur um maximal 180 Grad oder sogar nur 90 Grad aufwickeln bzw. abwickeln, um die Greiferfinger über ihre jeweiligen vollständigen Bewegungsfreiheiten verstellen zu können.

[0047] Eine derartige Seilwinde kann beispielsweise dadurch gebildet werden, dass eine Rolle auf der Motorwelle des Antriebsmotors befestigt ist oder mit der Motorwelle des Antriebsmotors über ein Getriebe gekoppelt ist, wobei auf einer Mantelwand der Rolle, beispielsweise in einer Nut an der Mantelwand der Rolle, das Seil oder die Seile aufwickelnd und abwickelnd geführt sind. Durch antreibendes Drehen der Motorwelle des Antriebsmotors wird dann je nach Drehrichtung das Seil oder die Seile aufwickelt oder abwickelt. Dem Antriebsmotor bzw. der Motorwelle des Antriebsmotors kann dabei ein Positionssensor, wie beispielsweise ein Drehwinkelgeber, zugeordnet sein, der dann ein Signal liefern kann, über die momentane Seilstellung. Es kann auch ein Kraftsensor vorgesehen sein, der ein Signal liefern kann über die momentan in dem Seil wirkende Zugkraft.

[0048] Dem jeweiligen Fingerwurzelglied des jeweiligen Greiferfingers kann eine Umlenkscheibe zugeordnet sein, die einen Umfangssektor mit einer Mantelwand aufweist, auf welcher sich das Zugmittel abstützt, wenn das jeweilige Fingerwurzelglied bezüglich des Greifergrundkörpers schwenkt.

[0049] Mittels der Umlenkscheibe kann das Seil geführt sein, derart, dass unabhängig von der jeweiligen momentanen Schwenkstellung des betreffenden Greiferfingers das Seil stets in derselben Ausrichtung in Richtung des Antriebsmotors bzw. in Richtung der Seilwinde, auf welche das Seil aufläuft bzw. von welcher das Seil abläuft, laufen kann. Die Umlenkscheibe kann vorzugsweise einen konstanten Radius aufweisen, so dass das Moment an der Schwenkachse des Greiferfingers konstant bleibt. Gegebenenfalls kann der Radius an der Umlenkscheibe jedoch sich über den Umfang hinweg ändern, so dass das Moment an der Schwenkachse des Greiferfingers sich je nach Schwenkstellung des Greiferfingers ändern kann.

[0050] Die erste Gelenksteifigkeit der ersten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern kann eingestellt sein, durch ein auslösbares erstes Rückhaltemittel, das den Gelenken der verbundenen Glieder der ersten Gruppe zugeordnet ist, die zweite Gelenksteifigkeit der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern kann dabei eingestellt sein, durch ein auslösbares zweites Rückhaltemittel, das den Gelenken der verbundenen Glieder der zweiten Gruppe zugeordnet ist, und die dritte Gelenksteifigkeit der dritten

Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern kann dabei eingestellt sein, durch ein auslösbares drittes Rückhaltemittel, das den Gelenken der verbundenen Glieder der dritten Gruppe zugeordnet ist.

[0051] Das erste Rückhaltemittel, das zweite Rückhaltemittel, und/oder das dritte Rückhaltemittel können kraftgesteuert oder signalgesteuert auslösbar sein und/oder jeweils durch eine Rastverbindung oder Kupplung gebildet werden, welche Rastverbindung oder Kupplung in einem eingerückten Zustand die Gelenksteifigkeit erhöht und in einem ausgerückten Zustand die Gelenksteifigkeit verringert.

[0052] Das jeweilige erste Rückhaltemittel, das zweite Rückhaltemittel, und/oder das dritte Rückhaltemittel können ausgebildet sein, diskrete Schaltzustände aufzuweisen. Dies bedeutet, dass das jeweilige Rückhaltemittel beispielsweise in einem ersten Schaltzustand das ihm zugeordnete Gelenk starr verriegeln kann (unendlich hohe Gelenksteifigkeit) und in einem zweiten Schaltzustand das ihm zugeordnete Gelenk ganz freigeben kann (Gelenksteifigkeit ist null). Insofern kann das Rückhaltemittel in Art einer einfachen Kupplung, einer Rutschkupplung oder einer Ratschenverbindung ausgebildet sein.

[0053] Das Rückhaltemittel kann aber auch mehr als zwei diskrete Schaltzustände aufweisen. Beispielsweise kann das Rückhaltemittel in einem dritten Schaltzustand eine mittlere Gelenksteifigkeit an dem ihm zugeordneten Gelenk bewirken. Insoweit können die diskret schaltenden Rückhaltemittel generell ausgebildet sein, dass der jeweilige Schaltzustand, d.h. die momentane Gelenksteifigkeit der ihnen jeweils zugeordneten Gelenke angesteuert umschaltbar sind, d.h. beispielsweise elektrisch angesteuert eingestellt werden können.

[0054] Das Rückhaltemittel kann jedoch gegebenenfalls statt diskreter Schaltzustände auch eine stetig veränderbare Gelenksteifigkeit an dem ihm zugeordneten Gelenk bewirken. Dies kann beispielsweise mittels elektrisch ansteuerbarer Magnete und/oder mittels Magnetfluiden oder rheologischen Flüssigkeiten erfolgen. Insoweit können die stetig veränderbaren Rückhaltemittel generell ausgebildet sein, dass die momentane Gelenksteifigkeit der ihnen jeweils zugeordneten Gelenke angesteuert veränderlich ist, d.h. beispielsweise elektrisch angesteuert die Gelenksteifigkeit eingestellt werden kann.

[0055] Indem je Greiferfinger der Greifergrundkörper in Verbindung mit zumindest dem jeweiligen Fingerwurzelglied eine erste Gruppe von gelenkig verbundenen proximalen Gliedern bildet, die eine erste Gelenksteifigkeit aufweist, wenigstens zwei benachbarte mittlere Fingerglieder eine zweite Gruppe von gelenkig verbundenen medialen Gliedern bildet, die eine, von der ersten Gelenksteifigkeit verschiedene,

zweite Gelenksteifigkeit aufweist und das Fingerspitzenglied in Verbindung mit zumindest einem weiteren, benachbarten Fingerglied eine dritte Gruppe von gelenkig verbundenen distalen Gliedern bildet, die eine, von der ersten Gelenksteifigkeit und der zweiten Gelenksteifigkeit verschiedene, dritte Gelenksteifigkeit aufweist, kann ein sehr kostengünstiger Greifer geschaffen werden, welcher sich über passive Formadaption an das zu greifende Bauteil anpasst.

[0056] Es werden demgemäß keine speziellen aktiven Antriebe benötigt, um die Glieder der Greiferfinger in der gewünschten individuellen Weise gegeneinander verstellen zu können. Dabei soll der Greifer jedoch das Objekt fest und stabil so in den Greiffingern halten bzw. verspannen, dass beispielsweise auch Objekte über ca. 250g, insbesondere über ca. 500g, insbesondere im Bereich von ca. 1000g sicher und spielfrei gegriffen werden können.

[0057] Der Greifer kann aufgebaut sein mit mindestens zwei Greiffingern, die jeweils aus drei seriell angeordneten Federelementen mit unterschiedlichen Federeigenschaften bestehen und am distalen Glied über einen Seilzug gemeinsam aktuiert werden. Dieser spezielle Aufbau führt zu einer dreifach wirkenden Formadaption, bei dem das Objekt nicht nur umschlossen, sondern auch noch im Greifer verspannt wird.

[0058] Die Stufen werden dabei im Wesentlichen nacheinander durchlaufen, wobei sich auch während der Bewegung von der einen Stufe zu einer nächsten Stufe, jede Stufe gegebenenfalls dennoch, aber in deutlich kleinerem Maße bewegen könnten.

[0059] In einer ersten Stufe werden die zwei oder mehreren Greiffinger schwenkend oder zumindest vorwiegend schwenkend aufeinander zu bewegt, bis die Greiferfinger beispielsweise in einem mittleren Bereich das Objekt, insbesondere an den exponierten Stellen des Objektes, insbesondere an den Objektkanten, berühren. Dazu wird der jeweilige Greiferfinger schwenkend in einem Greifergrundkörper gelagert. Ein klassisches Stift-Buchse-Gelenk kann ebenso möglich sein, wie ein Stoffgelenk.

[0060] In einer zweiten Stufe erfolgt anschließend ein Krümmen des Greiferfingers, so dass sich dieser möglichst gut an das zu greifende Objekt anschmiegt bzw. dieses umschließt. Die ersten Kontaktpunkte aus der ersten Stufe bleiben dabei weiterhin bestehen. Die Krümmung des Fingers wird ermöglicht, da der Finger mehrfachgelenkig oder insbesondere biegsam aufgebaut ist.

[0061] In einer dritten Stufe, die nachgeschaltet ist, wird die Fingerkuppe, als distaler Punkt des Greifers, am Objekt insbesondere linear oder auf einem Kreis-

bogen nach innen gezogen. Das Objekt wird in dieser dritten Stufe entweder zwischen der Fingerkuppe und den Kontaktpunkten der zweiten Stufe oder zwischen der Fingerkuppe und den Fingerinnenflächen eingeklemmt bzw. eingespannt, je nach Form und Größe des Objektes.

[0062] Als eine weitere Besonderheit wird diese dreistufige Bewegung vorzugsweise über lediglich einen einzigen Aktuator betätigt, vorzugsweise einem Zugmittel, wie insbesondere einem Zugseil, welches entsprechend der Abbildung über eine Abtriebsscheibe mit im Wesentlichen konstantem Radius und an der Innenseite des Fingers bis zur äußeren Fingerkuppe geführt wird. Eine Verkürzung des Seils, beispielsweise über eine Seilrolle, bewirkt somit zunächst ein Schwenken des Fingers, danach ein Krümmen des Fingers und abschließend ein Heranziehen der Fingerkuppe. Diese Reihenfolge kann dabei in den meisten Fällen entscheidend sein, für einen erfolgreichen Griff und wird dadurch erreicht, dass die drei Einzelbewegungen beispielsweise durch drei unterschiedliche Federn mit unterschiedlichen Steifigkeiten die Freiheitsgrade in ihren Nulllagen halten.

[0063] Dabei besitzt die Schwenkbewegung der ersten Stufe die weichste Feder mit der geringsten Rückhaltekraft, sodass diese Bewegung als erstes erfolgt. Das Krümmen des Greiferfingers wird von einer mittelharten Feder zurückgehalten, während die Feder der Fingerkuppe die höchste Steifigkeit besitzt.

[0064] Als Federn können neben klassischen Schraubenfedern auch Dreh- und insbesondere Biegefedern zum Einsatz kommen.

[0065] Dieser sequentielle Ablauf kann neben der vorgestellten Wahl der Federsteifigkeiten alternativ oder ergänzend auch über kraftgesteuerte Rückhaltevorrichtungen erfolgen, die ab einer bestimmten Kraft eine bestimmte Bewegung freigeben. Mögliche Ausführungsformen können hier kraftschlüssige Schnappverbindungen sein oder magnetische Bindungen zwischen Elementen, die bei Überschreitung der Haltekraft getrennt werden.

[0066] Konkrete Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher erläutert. Konkrete Merkmale dieser exemplarischen Ausführungsbeispiele können unabhängig davon, in welchem konkreten Zusammenhang sie erwähnt sind, gegebenenfalls auch einzeln oder in weiteren Kombinationen betrachtet, allgemeine Merkmale der Erfindung darstellen.

[0067] Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung eines beispielhaften Greifers mit zwei Greiferfingern,

Fig. 2 eine schematische Darstellung zweier Greiferfinger in Alleinstellung mit einzelnen Federelementen,

Fig. 3 eine schematische Darstellung zweier Greiferfinger in Alleinstellung mit zumindest teilweise gemeinsamen Federvorrichtungen,

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Paares von Greiferfingern in einer Öffnungsstellung des Greifers gegenüber einem zu greifenden Objekt mit kreisförmigem Querschnitt,

Fig. 5 eine schematische Darstellung der Greifsituation gemäß **Fig. 4** nach einem schließenden Schwenken der Greiferfinger,

Fig. 6 eine schematische Darstellung der Greifsituation gemäß **Fig. 4** nach einem schließenden Krümmen der Greiferfinger,

Fig. 7 eine schematische Darstellung der Greifsituation gemäß **Fig. 4** nach einem schließenden Spannen der Greiferfinger,

Fig. 8 eine schematische Darstellung eines Paares von Greiferfingern in einer Öffnungsstellung des Greifers gegenüber einem zu greifenden Objekt mit rechteckigem Querschnitt,

Fig. 9 eine schematische Darstellung der Greifsituation gemäß **Fig. 8** nach einem schließenden Schwenken der Greiferfinger,

Fig. 10 eine schematische Darstellung der Greifsituation gemäß **Fig. 8** nach einem schließenden Krümmen der Greiferfinger, und

Fig. 11 eine schematische Darstellung der Greifsituation gemäß **Fig. 8** nach einem schließenden Spannen der Greiferfinger.

[0068] In der **Fig. 1** ist eine beispielhafte Ausführungsform eines Greifers 1 mit zwei Greiferfingern 2.1, 2.2 dargestellt.

[0069] Der Greifer 1 weist einen Greifergrundkörper 3 auf. Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels weist der Greifer 1 genau zwei an dem Greifergrundkörper 3 verstellbar gelagerte Greiferfinger 2.1, 2.2 auf. Die zwei Greiferfinger 2.1, 2.2 sind an dem Greifergrundkörper 3 jeweils schwenkbar gelagert. An dem Greifergrundkörper 3 ist ein Antriebsmotor 4 angeordnet. Der Antriebsmotor 4 ist im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels ausgebildet zum Bewegen sowohl des einen Greiferfingers 2.1, als auch des anderen Greiferfingers 2.2. Dazu weist der Antriebsmotor 4 an seiner Motorwelle eine Seilwinde 5 auf, an der zwei Seile 6 aufwickelbar und abwickelbar geführt sind, wobei je ein Seil 6 mit einem der beiden Greiferfinger 2.1, 2.2 verbunden ist, um diesen in Abhängigkeit des Antriebs durch

den Antriebsmotor 4 zu schwenken, zu krümmen und zu spannen.

[0070] Die **Fig. 2** zeigt eine erste Ausführungsvariante eines Greiferfingers 2.1, 2.2 in Alleinstellung. Jeder Greiferfinger 2.1, 2.2 weist jeweils eine kinematische Kette von mehreren aufeinander folgenden, gegeneinander verstellbar gelagerten Fingergliedern 7 auf. Von den Fingergliedern 7 bildet jeweils ein in der kinematischen Kette proximales Fingerglied 7.1 ein Fingerwurzelglied 7a und jeweils ein in der kinematischen Kette distales Fingerglied 7.7 ein Fingerspitzenglied 7c bildet.

[0071] An dem jeweiligen Greiferfinger 2.1, 2.2 ist jeweils ein sich entlang der kinematischen Kette der jeweiligen Fingerglieder 7 längserstreckendes Zugmittel 8.1, 8.2 vorgesehen, das mit dem jeweiligen Fingerspitzenglied 7.7, 7c verbunden ist und das ausgebildet ist zum Schwenken (**Fig. 4** zu **Fig. 5** und **Fig. 8** zu **Fig. 9**) des Greiferfingers 2.1, 2.2 um eine dem Fingerwurzelglied 7.1, 7a zugeordnete Schwenkachse S durch Ziehen an dem Zugmittel 8.1, 8.2 und zum Krümmen (**Fig. 5** zu **Fig. 6** und **Fig. 9** zu **Fig. 10**) der kinematischen Kette der Fingerglieder 7 ebenfalls durch dasselbe Ziehen an dem Zugmittel 8.1, 8.2.

[0072] Je Greiferfinger 2.1, 2.2 bildet der Greifergrundkörper 3 in Verbindung mit zumindest dem jeweiligen Fingerwurzelglied 7a eine erste Gruppe von gelenkig verbundenen proximalen Gliedern (Greifergrundkörper 3 und Fingerwurzelglied 7a), die eine erste Gelenksteifigkeit G1 aufweist. Wenigstens zwei benachbarte mittlere Fingerglieder 7.2 bis 7.6 bilden eine zweite Gruppe von gelenkig verbundenen medialen Gliedern 7b, die eine, von der ersten Gelenksteifigkeit G1 verschiedene, zweite Gelenksteifigkeit G2 aufweisen. Das Fingerspitzenglied 7c bildet in Verbindung mit zumindest einem weiteren, benachbarten Fingerglied 7.6 eine dritte Gruppe von gelenkig verbundenen distalen Gliedern 7, die eine, von der ersten Gelenksteifigkeit G1 und der zweiten Gelenksteifigkeit G2 verschiedene, dritte Gelenksteifigkeit G3 aufweist.

[0073] Die erste Gruppe von gelenkig verbundenen proximalen Gliedern (Greifergrundkörper 3 und Fingerwurzelglied 7a) weist eine erste Gelenksteifigkeit G1 auf, die geringer ist als die zweite Gelenksteifigkeit G2 der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen medialen Gliedern 7b (mittlere Fingerglieder 7.2 bis 7.6), und die dritte Gruppe von gelenkig verbundenen distalen Gliedern (Fingerspitzenglied 7c und Fingerglied 7.6) eine dritte Gelenksteifigkeit G3 aufweist, die höher ist als die zweite Gelenksteifigkeit G2 der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen medialen Gliedern (mittlere Fingerglieder 7.2 bis 7.6).

[0074] Die erste Gelenksteifigkeit G1 der ersten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern (Greifergrundkörper 3 und Fingerwurzelglied 7a) ist im Falle der vorliegenden Ausführungsbeispiele derart eingestellt, dass bei einer durch den wenigstens einen Antriebsmotor 4 angetriebenen Bewegung des Zugmittels 6, 8.1, 8.2 zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich die Glieder (Greifergrundkörper 3 und Fingerwurzelglied 7a) der erste Gruppe gegeneinander verstellt werden, so dass die wenigstens zwei Greiferfinger 2.1, 2.2 zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich eine Schwenkbewegung (**Fig. 4** zu **Fig. 5** und **Fig. 8** zu **Fig. 9**) ausführen.

[0075] Die zweite Gelenksteifigkeit G2 der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern (mittlere Fingerglieder 7.2 bis 7.6) ist im Falle der vorliegenden Ausführungsbeispiele derart eingestellt, dass bei einer durch den wenigstens einen Antriebsmotor 4 angetriebenen Bewegung des Zugmittels 6, 8.1, 8.2 zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich die Glieder (mittlere Fingerglieder 7.2 bis 7.6) der zweiten Gruppe gegeneinander verstellt werden, so dass die wenigstens zwei Greiferfinger 2.1, 2.2 zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich eine Krümmungsbewegung (**Fig. 5** zu **Fig. 6** und **Fig. 9** zu **Fig. 10**) ausführen.

[0076] Die dritte Gelenksteifigkeit G3 der dritten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern (Fingerspitzenglied 7c und Fingerglied 7.6) ist im Falle der vorliegenden Ausführungsbeispiele derart eingestellt, dass bei einer durch den wenigstens einen Antriebsmotor 4 angetriebenen Bewegung des Zugmittels 6, 8.1, 8.2 zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich die Glieder (Fingerspitzenglied 7c und Fingerglied 7.6) der dritten Gruppe gegeneinander verstellt werden, so dass die wenigstens zwei Greiferfinger 2.1, 2.2 im Bereich ihrer Fingerspitzenglieder 7c zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich eine Spannbewegung (**Fig. 6** zu **Fig. 7** und **Fig. 10** zu **Fig. 11**) ausführen.

[0077] Im Falle der ersten Ausführungsvariante der **Fig. 2** ist die erste Gelenksteifigkeit G1 der ersten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern eingestellt, durch ein einzelnes erstes Federelement F1, das den Gelenken der verbundenen Glieder der ersten Gruppe zugeordnet ist. Die zweite Gelenksteifigkeit G2 der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern ist dabei eingestellt, durch mehrere einzelne zweite Federelemente F2, die den Gelenken der verbundenen Glieder der zweiten Gruppe zugeordnet sind. Die dritte Gelenksteifigkeit G3 der dritten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern ist dabei eingestellt, durch ein einzelnes drittes Federelement F3, das den Gelenken der verbundenen Glieder der dritten Gruppe zugeordnet ist.

[0078] Im Falle der ersten Ausführungsvariante der **Fig. 2** ist das einzelne erste Federelement F1 jeweils als eine Drehfeder ausgebildet. Die mehreren zweiten Federelemente F2 sind jeweils auch als eine Drehfeder ausgebildet. Das einzelne dritte Federelement F3 ist als eine Schubfeder ausgebildet.

[0079] Im Falle einer zweiten Ausführungsvariante gemäß **Fig. 3** ist die erste Gelenksteifigkeit G1 der ersten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern eingestellt, durch eine gemeinsame erste Federvorrichtung V1, die den Gelenken 7.1 der verbundenen Glieder 7 der ersten Gruppe zugeordnet ist. Die zweite Gelenksteifigkeit G2 der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern ist dabei eingestellt, durch eine gemeinsame zweite Federvorrichtung V2, die den Gelenken der verbundenen Glieder der zweiten Gruppe zugeordnet ist. Die dritte Gelenksteifigkeit G3 der dritten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern ist dabei eingestellt, durch eine dritte Federvorrichtung V3, die den Gelenken der verbundenen Glieder der dritten Gruppe zugeordnet ist.

[0080] Im Falle der zweiten Ausführungsvariante der **Fig. 3** wird die erste Federvorrichtung V1 von einer Zugfeder gebildet, welche das Fingerwurzelglied 7a des einen Greiferfingers 2.1 mit dem Fingerwurzelglied 7a des anderen Greiferfingers 2.2 verbindet. Die zweite Federvorrichtung V2 des jeweiligen Greiferfingers 2.1, 2.2 verbindet die mittleren Fingerglieder 7.2 bis 7.6 gemeinsam und wird durch eine gemeinsam wirkende Biegefeder gebildet. Die dritte Federvorrichtung V3 des jeweiligen Greiferfingers 2.1, 2.2 ist in Art einer Festkörper-Parallelagrammelenkung ausgebildet und ermöglicht ein lineares Bewegen des Fingerspitzengliedes 7c relativ zum Fingerglied 7.6 und zwar in den Pfeilrichtungen P von diesem Fingerglied 7.6 weg oder auf dieses Fingerglied 7.6 zu.

[0081] Dem jeweiligen Fingerwurzelglied 7a ist im Falle der dargestellten Ausführungsvarianten des jeweiligen Greiferfingers 2.1, 2.2 jeweils eine Umlenkscheibe 9 zugeordnet, die einen Umfangssektor U mit einer Mantelwand aufweist, auf welcher sich das Zugmittel 6, 8.1, 8.2 abstützt, wenn das jeweilige Fingerwurzelglied 7a bezüglich des Greifergrundkörpers 3 schwenkt.

[0082] In **Fig. 4** bis **Fig. 11** ist in einer jeweiligen Sequenz an einem zu greifenden Objekt 10a mit kreisförmigem Querschnitt (**Fig. 4** bis **Fig. 7**) und an einem zu greifenden Objekt 10b mit rechteckigem Querschnitt (**Fig. 8** bis **Fig. 11**) die Schwenkbewegung, die Krümmungsbewegung und die Spannbewegung durch die Greiferfinger 2.1, 2.2 veranschaulicht.

[0083] Ein Übergang aus der Stellung der Greiferfinger 2.1, 2.2 wie in **Fig. 4** dargestellt in eine Stellung,

wie in **Fig. 5** dargestellt, entspricht einem schließenden Schwenken der Greiferfinger 2.1, 2.2 um das zu greifende Objekt 10a mit kreisförmigem Querschnitt.

[0084] Ein Übergang aus der Stellung der Greiferfinger 2.1, 2.2 wie in **Fig. 5** dargestellt in eine Stellung, wie in **Fig. 6** dargestellt, entspricht einem schließenden Krümmen der Greiferfinger 2.1, 2.2 um das zu greifende Objekt 10a mit kreisförmigem Querschnitt.

[0085] Ein Übergang aus der Stellung der Greiferfinger 2.1, 2.2 wie in **Fig. 6** dargestellt in eine Stellung, wie in **Fig. 7** dargestellt, entspricht einem schließenden Spannen der Greiferfinger 2.1, 2.2 um das zu greifende Objekt 10a mit kreisförmigem Querschnitt.

[0086] Ein Übergang aus der Stellung der Greiferfinger 2.1, 2.2 wie in **Fig. 8** dargestellt in eine Stellung, wie in **Fig. 9** dargestellt, entspricht einem schließenden Schwenken der Greiferfinger 2.1, 2.2 um das zu greifende Objekt 10b mit rechteckigem Querschnitt.

[0087] Ein Übergang aus der Stellung der Greiferfinger 2.1, 2.2 wie in **Fig. 9** dargestellt in eine Stellung, wie in **Fig. 10** dargestellt, entspricht einem schließenden Krümmen der Greiferfinger 2.1, 2.2 um das zu greifende Objekt 10b mit rechteckigem Querschnitt.

[0088] Ein Übergang aus der Stellung der Greiferfinger 2.1, 2.2 wie in **Fig. 10** dargestellt in eine Stellung, wie in **Fig. 11** dargestellt, entspricht einem schließenden Spannen der Greiferfinger 2.1, 2.2 um das zu greifende Objekt 10b mit rechteckigem Querschnitt.

Patentansprüche

- Greifer, aufweisend einen Greifergrundkörper (3), wenigstens zwei Greiferfinger (2.1,2.2), von denen wenigstens einer an dem Greifergrundkörper (3) schwenkbar gelagert ist, und wenigstens einen am Greifergrundkörper (3) angeordneten Antriebsmotor (4), der ausgebildet ist zum Bewegen des wenigstens einen ihm zugeordneten, am Greifergrundkörper (3) verstellbar gelagerten Greiferfingers (2.1, 2.2), wobei der wenigstens eine an dem Greifergrundkörper (3) verstellbar gelagerte Greiferfinger (2.1, 2.2) jeweils eine kinematische Kette von mehreren aufeinander folgenden, gegeneinander verstellbar gelagerten Fingergliedern (7) aufweist, wobei jeweils ein in der kinematischen Kette proximales Fingerglied (7.1) ein Fingerwurzelglied (7a) bildet und jeweils ein in der kinematischen Kette distales Fingerglied (7.7) ein Fingerspitzenglied (7c) bildet, und jeweils wenigstens ein sich entlang der kinematischen Kette der jeweiligen Fingerglieder (7) längserstreckendes Zugmittel (8.1, 8.2) vorgesehen ist, das mit dem jeweiligen Fingerspitzenglied (7c) verbunden ist und das ausgebildet ist zum Schwenken des jeweiligen an dem Greifergrundkörper (3) verstellbar gelagerten Greiferfingers (2.1,

2.2) um eine dem Fingerwurzelglied (7a) zugeordnete Schwenkachse (S) und zum Krümmen der kinematischen Kette der Fingerglieder (7) durch Ziehen an dem Zugmittel (8.1, 8.2), wobei der Greifergrundkörper (3) in Verbindung mit zumindest dem jeweiligen Fingerwurzelglied (7a) des wenigstens einen an dem Greifergrundkörper (3) verstellbar gelagerten Greiferfingers (2.1, 2.2) eine erste Gruppe von gelenkig verbundenen proximalen Gliedern bildet, die eine erste Gelenksteifigkeit (G1) aufweist, wenigstens zwei benachbarte mittlere Fingerglieder (7) des wenigstens einen an dem Greifergrundkörper (3) verstellbar gelagerten Greiferfingers (2.1, 2.2) eine zweite Gruppe von gelenkig verbundenen medialen Gliedern (7b) bildet, die eine, von der ersten Gelenksteifigkeit (G1) verschiedene, zweite Gelenksteifigkeit (G2) aufweist und das Fingerspitzenmitglied (7c) des wenigstens einen an dem Greifergrundkörper (3) verstellbar gelagerten Greiferfingers (2.1, 2.2) in Verbindung mit zumindest einem weiteren, benachbarten Fingerglied (7) eine dritte Gruppe von gelenkig verbundenen distalen Gliedern bildet, die eine, von der ersten Gelenksteifigkeit (G1) und der zweiten Gelenksteifigkeit (G2) verschiedene, dritte Gelenksteifigkeit (G3) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern als erste Drehgelenke ausgebildet sind, die zweite Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern als zweite Drehgelenke ausgebildet sind, und/oder die dritte Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern als Schubgelenke ausgebildet sind.

2. Greifer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Gruppe von gelenkig verbundenen proximalen Gliedern eine erste Gelenksteifigkeit (G1) aufweist, die geringer ist als die zweite Gelenksteifigkeit (G2) der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen medialen Gliedern (7b), und die dritte Gruppe von gelenkig verbundenen distalen Gliedern eine dritte Gelenksteifigkeit (G3) aufweist, die höher ist als die zweite Gelenksteifigkeit (G2) der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen medialen Gliedern (7b).

3. Greifer nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Gelenksteifigkeit (G1) der ersten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern derart eingestellt ist, dass bei einer durch den wenigstens einen Antriebsmotor (4) angetriebenen Bewegung des Zugmittels (6, 8.1, 8.2) zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich die Glieder der ersten Gruppe gegeneinander verstellt werden, so dass der wenigstens eine an dem Greifergrundkörper (3) verstellbar gelagerte Greiferfinger (2.1, 2.2) zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich eine Schwenkbewegung ausführen, und die zweite Gelenksteifigkeit (G2) der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern derart eingestellt ist, dass bei einer durch den

wenigstens einen Antriebsmotor (4) angetriebenen Bewegung des Zugmittels (6, 8.1, 8.2) zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich die Glieder der zweiten Gruppe gegeneinander verstellt werden, so dass der wenigstens eine an dem Greifergrundkörper (3) verstellbar gelagerte Greiferfinger (2.1, 2.2) zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich eine Krümmungsbewegung ausführen, und die dritte Gelenksteifigkeit (G3) der dritten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern derart eingestellt ist, dass bei einer durch den wenigstens einen Antriebsmotor (4) angetriebenen Bewegung des Zugmittels (6, 8.1, 8.2) zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich die Glieder der dritten Gruppe gegeneinander verstellt werden, so dass der wenigstens eine an dem Greifergrundkörper (3) verstellbar gelagerte Greiferfinger (2.1, 2.2) im Bereich seines Fingerspitzenmitgliedes (7c) zumindest in Wesentlichen vorrangig oder ausschließlich eine Spannbewegung ausführen.

4. Greifer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Gelenksteifigkeit (G1) der ersten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern eingestellt ist, durch einzelne erste Federelemente (F1), die den Gelenken der verbundenen Glieder der ersten Gruppe zugeordnet sind, die zweite Gelenksteifigkeit (G2) der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern eingestellt ist, durch einzelne zweite Federelemente (F2), die den Gelenken der verbundenen Glieder der zweiten Gruppe zugeordnet sind, und die dritte Gelenksteifigkeit (G3) der dritten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern eingestellt ist, durch einzelne dritte Federelemente (F3), die den Gelenken der verbundenen Glieder der dritten Gruppe zugeordnet sind.

5. Greifer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Gelenksteifigkeit (G1) der ersten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern eingestellt ist, durch eine gemeinsame erste Federvorrichtung (V1), die den Gelenken der verbundenen Glieder der ersten Gruppe zugeordnet sind, die zweite Gelenksteifigkeit (G2) der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern eingestellt ist, durch eine gemeinsame zweite Federvorrichtung (V2), die den Gelenken der verbundenen Glieder der zweiten Gruppe zugeordnet sind, und/oder die dritte Gelenksteifigkeit (G3) der dritten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern eingestellt ist, durch eine gemeinsame dritte Federvorrichtung (V3), die den Gelenken der verbundenen Glieder der dritten Gruppe zugeordnet sind.

6. Greifer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine an dem Greifergrundkörper (3) verstellbar gelagerte Greiferfinger (2.1, 2.2), insbesondere zwei

Greiferfinger (2.1, 2.2), oder jeweils ein Paar von Greiferfingern (2.1, 2.2), oder alle Greiferfinger (2.1, 2.2) von einem einzelnen Antriebsmotor (4) gemeinsam angetrieben sind.

7. Greifer nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem jeweiligen Fingerwurzelglied (7c) des jeweiligen an dem Greifergrundkörper (3) verstellbar gelagerten Greiferfingers (2.1, 2.2) eine Umlenkscheibe (9) zugeordnet ist, die einen Umfangssektor (U) mit einer Mantelwand aufweist, auf welcher sich das Zugmittel (8.1, 8.2) abstützt, wenn das jeweilige Fingerwurzelglied (7c) bezüglich des Greifergrundkörpers (3) schwenkt.

8. Greifer nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Gelenksteifigkeit (G1) der ersten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern eingestellt ist, durch ein auslösbares erstes Rückhaltemittel, das den Gelenken der verbundenen Glieder der ersten Gruppe zugeordnet ist, die zweite Gelenksteifigkeit (G2) der zweiten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern eingestellt ist, durch ein auslösbares zweites Rückhaltemittel, das den Gelenken der verbundenen Glieder der zweiten Gruppe zugeordnet ist, und die dritte Gelenksteifigkeit (G3) der dritten Gruppe von gelenkig verbundenen Gliedern eingestellt ist, durch ein auslösbares drittes Rückhaltemittel, das den Gelenken der verbundenen Glieder der dritten Gruppe zugeordnet ist.

9. Greifer nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Rückhaltemittel, das zweite Rückhaltemittel, und/oder das dritte Rückhaltemittel kraftgesteuert oder signalgesteuert auslösbar ist und/oder jeweils durch eine Rastverbindung oder Kupplung gebildet wird, welche Rastverbindung oder Kupplung in einem eingerückten Zustand die Gelenksteifigkeit erhöht und in einem ausgerückten Zustand die Gelenksteifigkeit verringert.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

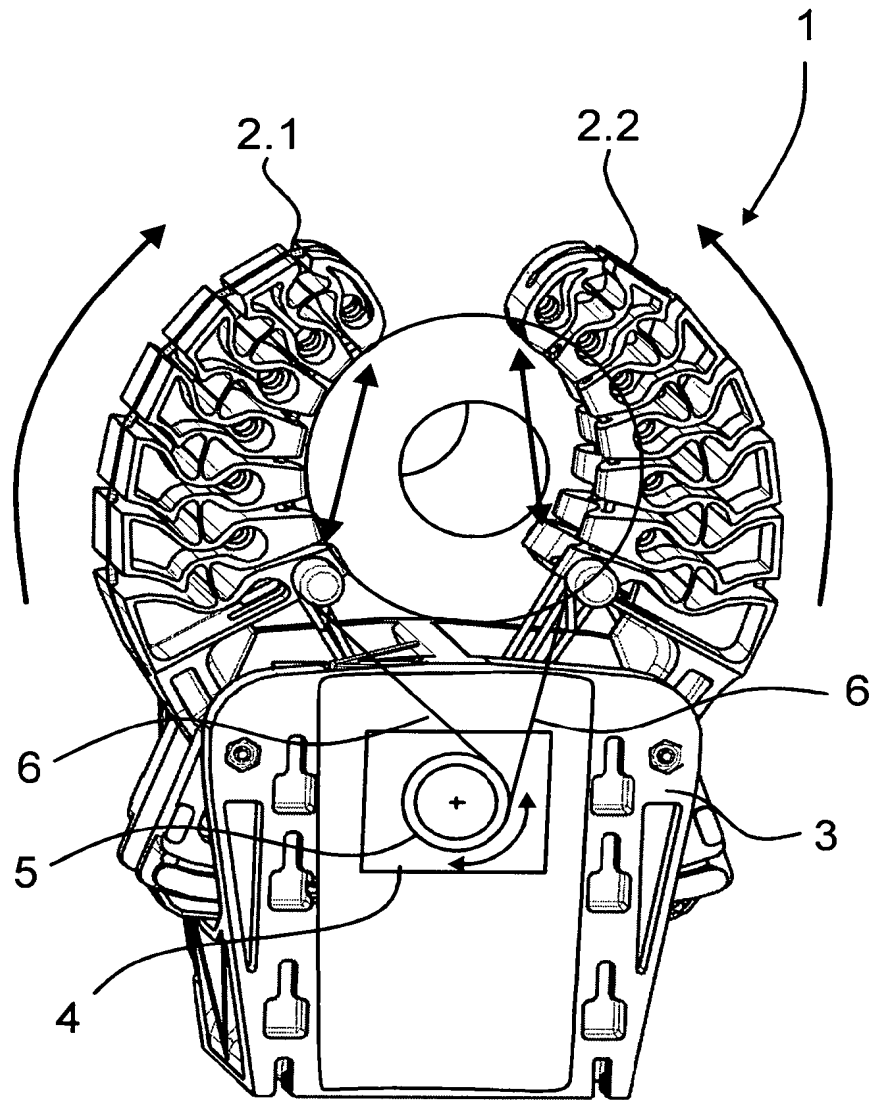


Fig. 1

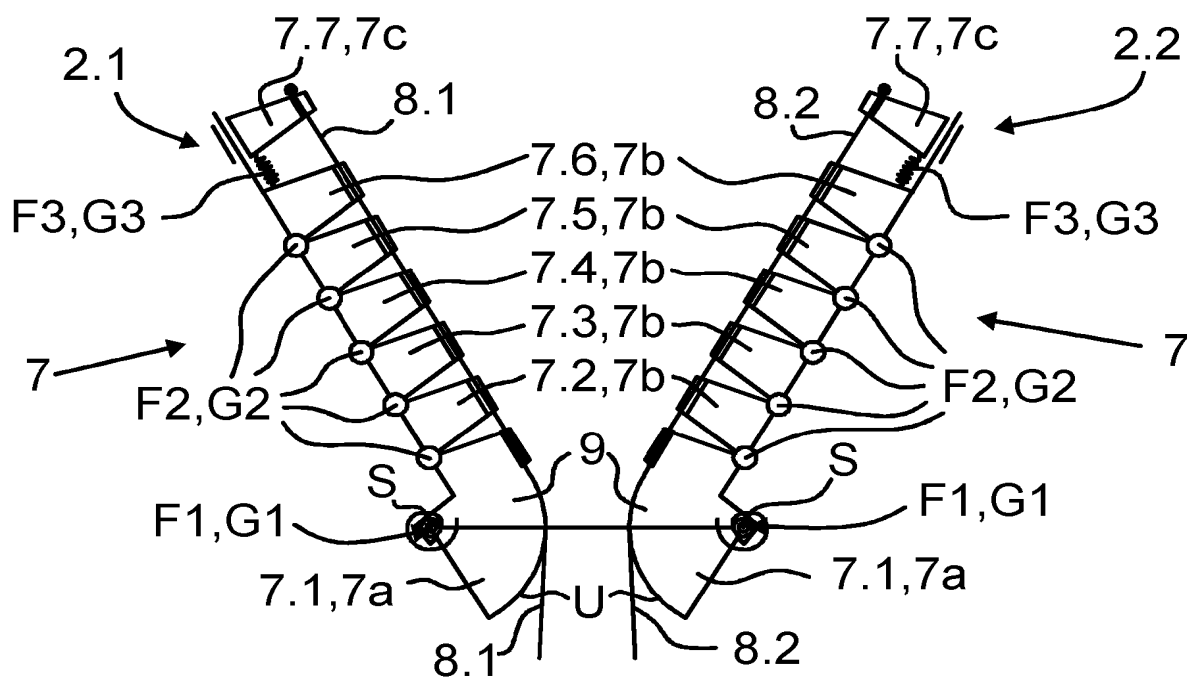


Fig. 2

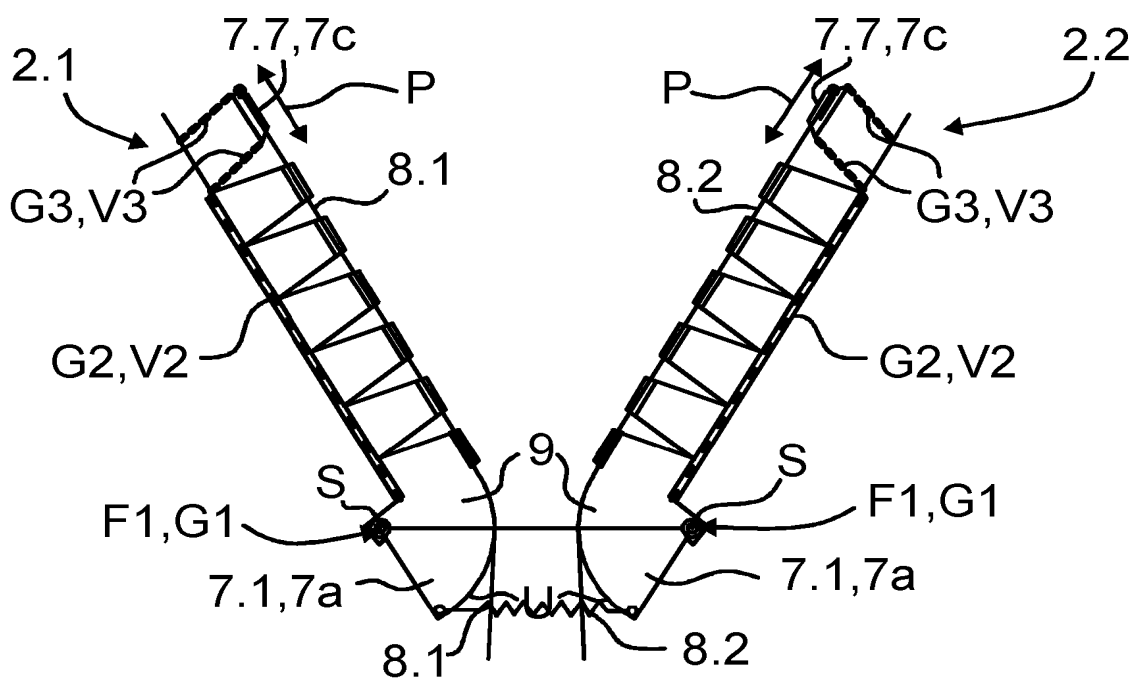


Fig. 3

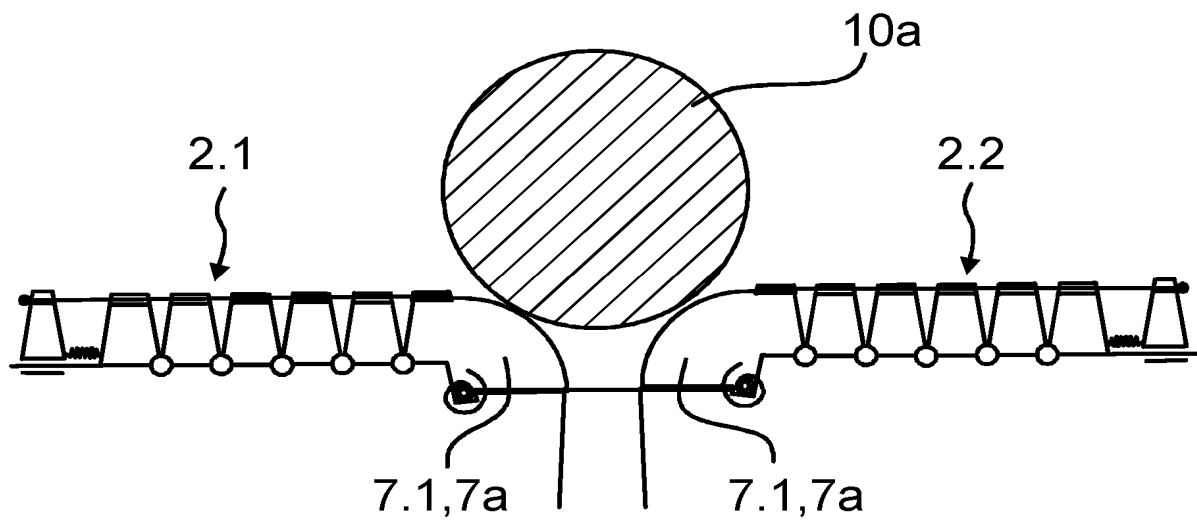


Fig. 4

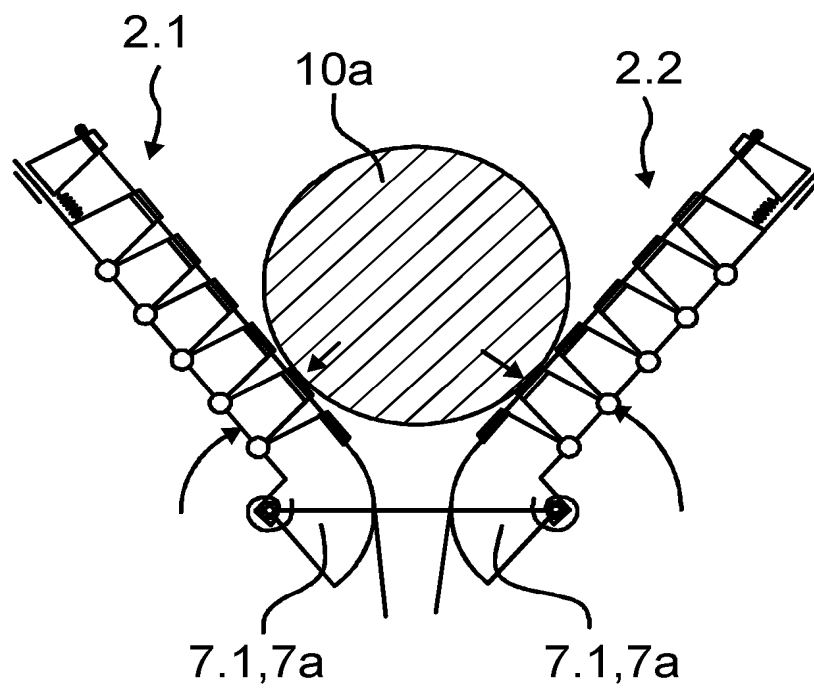


Fig. 5

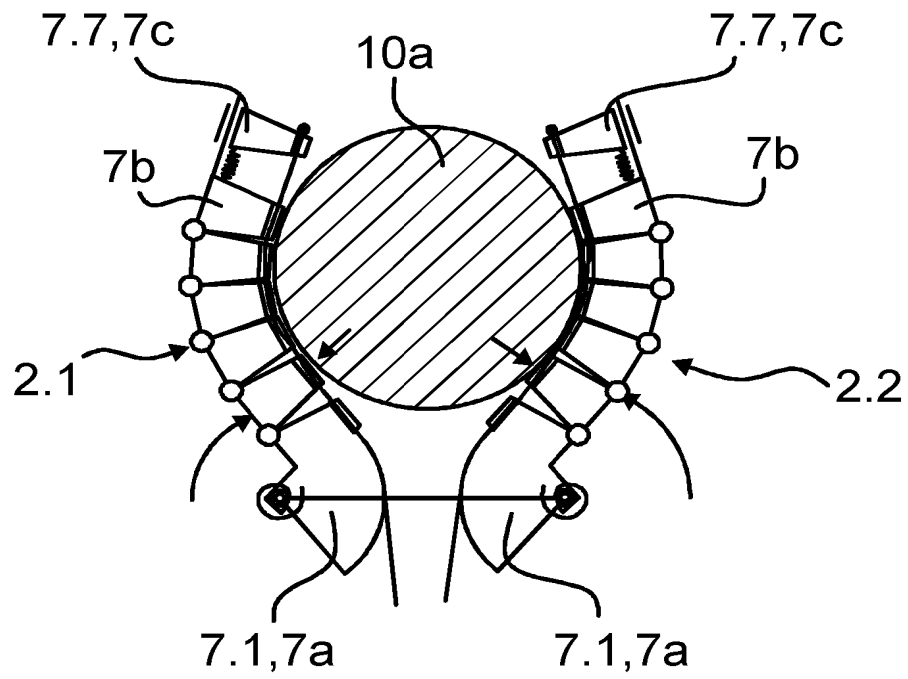


Fig. 6

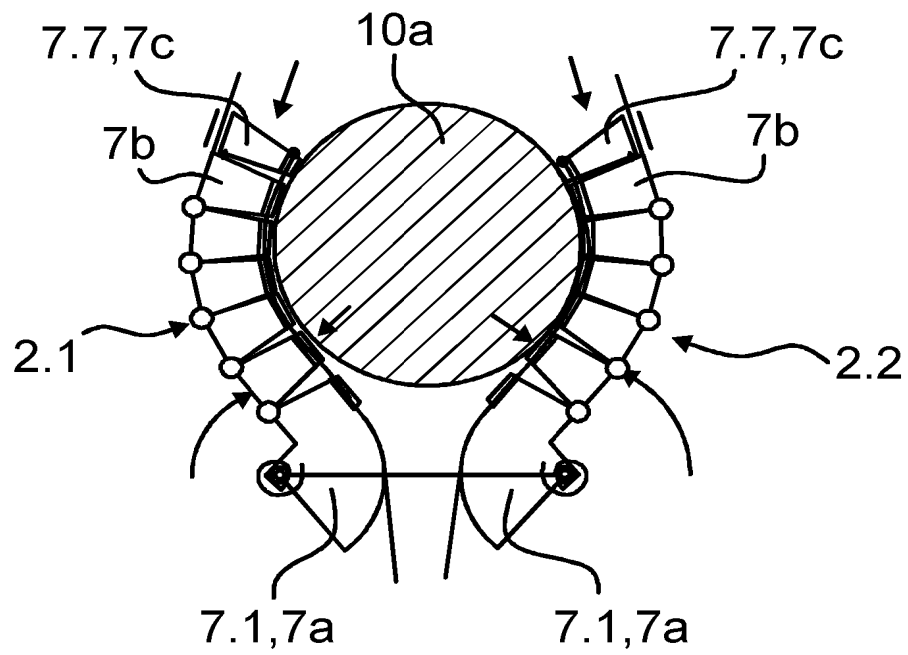


Fig. 7

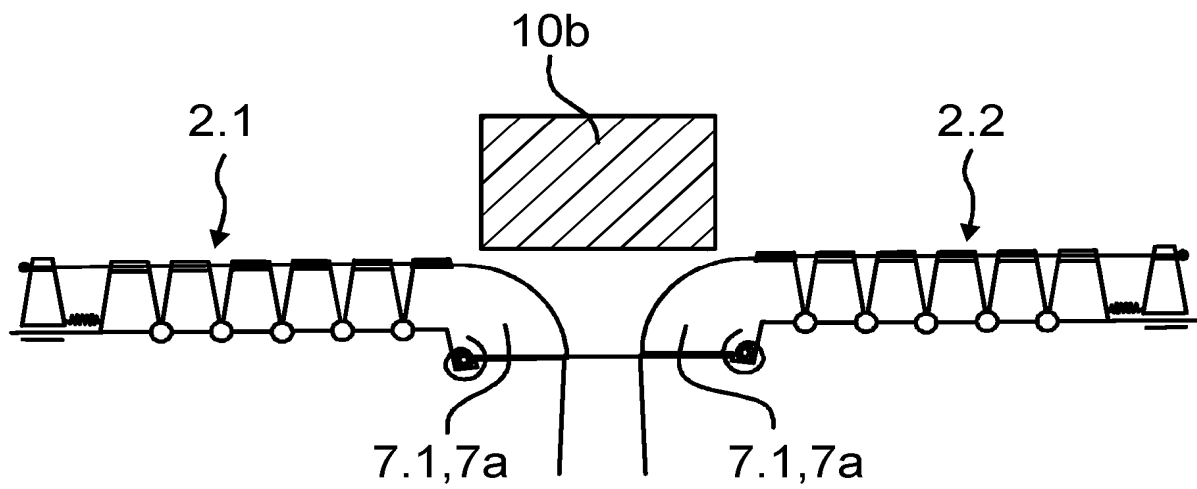


Fig. 8

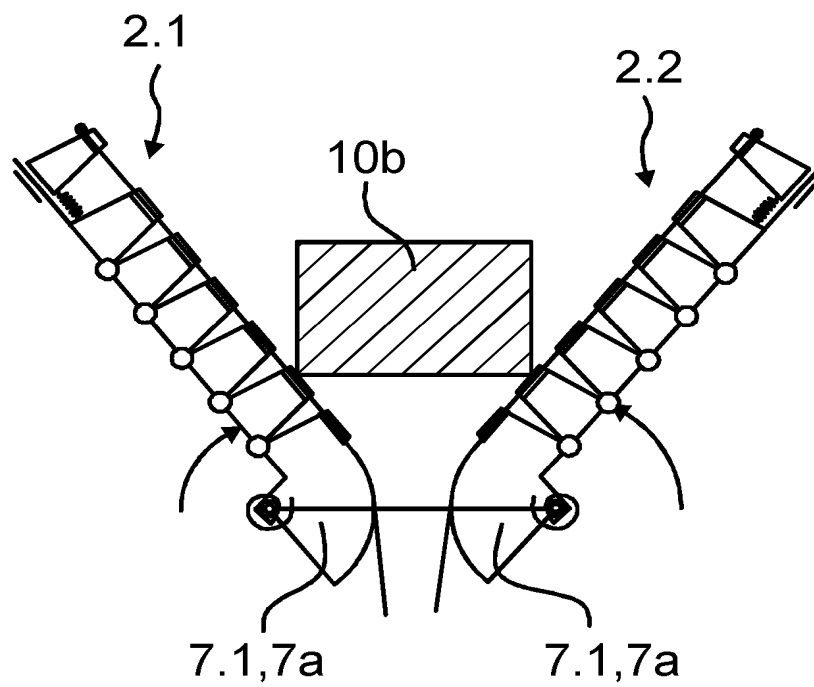


Fig. 9

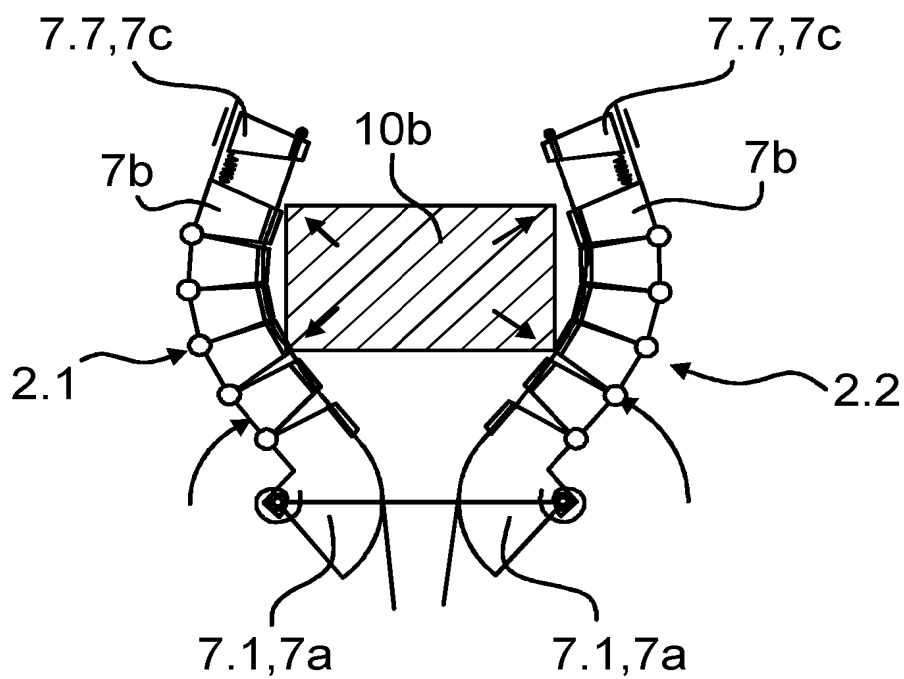


Fig. 10

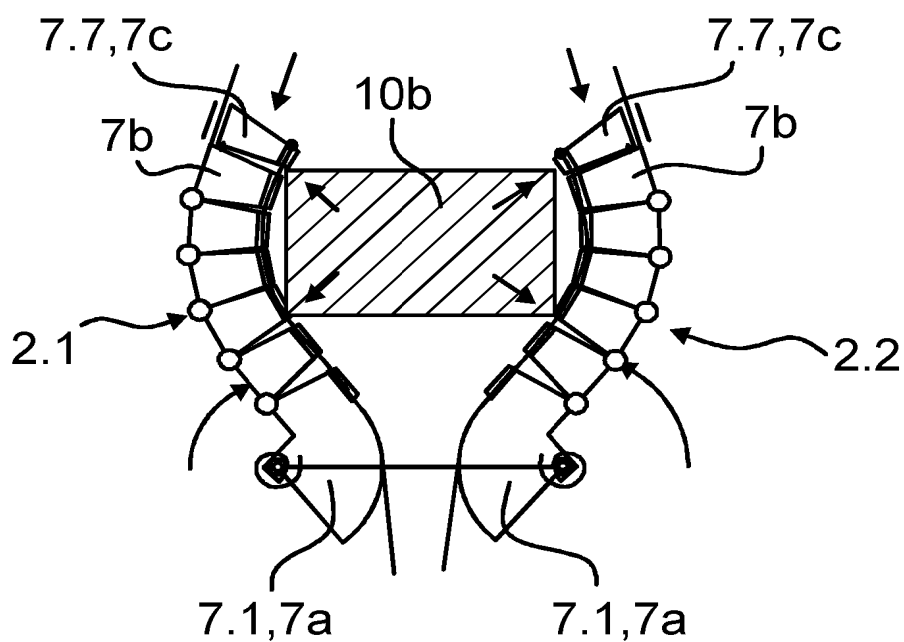


Fig. 11