



(10) **DE 10 2018 127 439 B4** 2020.05.14

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 127 439.4**  
(22) Anmeldetag: **02.11.2018**  
(43) Offenlegungstag: **07.05.2020**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **14.05.2020**

(51) Int Cl.: **G01B 5/008 (2006.01)**  
**G01B 21/04 (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:  
**JENOPTIK Industrial Metrology Germany GmbH,**  
**78056 Villingen-Schwenningen, DE**

(74) Vertreter:  
**OEHMKE & KOLLEGEN Patentanwälte, 07743**  
**Jena, DE**

(72) Erfinder:  
**Licht, Sascha, 99510 Ilmtal-Weinstraße, DE**

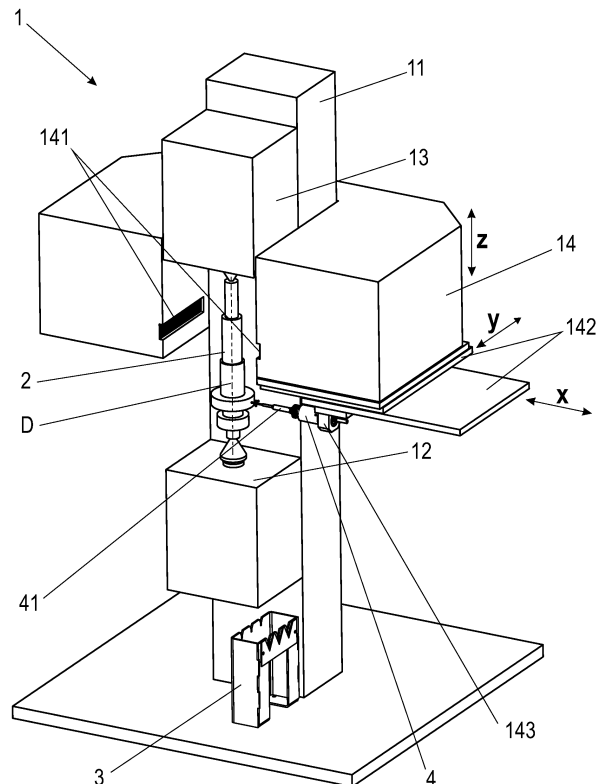
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2005 036 928	B3
DE	10 2012 104 008	B3
DE	33 20 127	A1
GB	2 373 543	A
US	5 028 901	A
WO	2018/ 048 872	A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Auswechseln eines taktile Tastarms einer 3D-Messeinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Auswechseln eines taktile Tastarms an einer 3D-Messeinrichtung.

Die Aufgabe der Erfindung, eine Möglichkeit zum Auswechseln eines taktile Tastarms (41) zu finden, bei der das Wechselsystem ohne zusätzlichen Bewegungsroboter und ohne weitere, außer zum Messvorgang benötigte Verfahrenachsen auskommt, wird erfindungsgemäß gelöst, indem ein Magazin (3) für Tastarme (41; 43) außerhalb eines Messbereichs entlang einer der Koordinatenrichtungen, die den Hauptbewegungsachsen der 3D-Messeinrichtung (1) entsprechen, angeordnet ist und in horizontaler Richtung Ablagefächer (33) aufweist, die durch in wenigstens zwei vertikale Trägerplatten (31, 32) des Magazins (3) eingebrachte Ausschnitte (311, 312) gebildet sind, der Tastarm (41; 43) mindestens einen taktile Kugeltaster an einem distalen Ende und eine flanschartige Koppelplatte (412) an einem proximalen Ende des Tastarmschaftes (414) aufweist, wobei die Koppelplatte (412) mit Mitteln zur lösbaren Kopplung des Tastarms (41; 43) an den Tastkopf (4) ausgestattet ist, und zur reproduzierbaren rotatorischen Ausrichtung der Tastarm (41; 43) an der Koppelplatte (412) und das Magazin (3) an einer der Trägerplatten (31, 32) komplementäre Formelemente mit einer zur Schwerkraft ausgerichteten V-Form aufweisen.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Auswechseln eines taktilen Tastarms einer 3D-Messeinrichtung, insbesondere für taktile Dimensionsmessungen von Körpern, vorzugsweise von rotierbaren Werkstücken, bei denen spezielle Messaufgaben unterschiedliche Tastarme erfordern.

**[0002]** Bei taktilen Messungen von Werkstücken ist es häufig notwendig, für die jeweilige Messaufgabe den geeigneten Tastarm zu verwenden. Dabei sollte der Tastarm möglichst voll automatisiert wechselbar sein und mit allen in einem geeigneten Magazin abgelegten weiteren Tastarmen austauschbar sein.

**[0003]** Aus dem Stand der Technik sind Tastarmwechselmagazine bekannt, die auf ein Magazin von Tastarmen zugreifen, in dem die Tastarme vertikal eingehängt sind und waagrecht dazu eingeschoben und arretiert werden. Beispiele dafür liefern die GB 2 373 543 A sowie die DE 10 2005 036 928 B3.

**[0004]** Nachteilig an diesen Wechselsystemen ist, dass das Tastarmwechselssystem eine separate Robotik- und Steuereinheit darstellt und gegenüber dem taktilen Messsystem eigene Verfahrsachsen für die Bewegung des Tastarms zwischen dem Magazin und dem zu bestückenden Tastkopf aufweist. Ferner ist ein eigenständiger Justierkopf erforderlich, um Roll-, Nick- und Gierwinkel des Tastarms zu justieren.

**[0005]** Eine Lösung mit ähnlichen Nachteilen ist in der US 5 028 901 A beschrieben, bei der ein Revolvermagazin zum Einsatz kommt, das eine zusätzliche Rotationsscheibe zum Auswechseln der Tastarme zwischen Magazin und Messkopf erfordert.

**[0006]** Ferner ist aus der DE 33 20 127 A1 ein Taststiftwechselhalter bekannt, bei dem im Tastkopf einer Mehrkoordinatenmessmaschine Taststifte mit hoher Genauigkeit ausgetauscht werden sollen. Dazu ist eine Aufnahme mit einem isostatischen Dreipunktlager ausgestattet, gegen das eine Anlageplatte des Taststiftes von einer elektromagnetischen Spanneinrichtung gezogen wird. Die Spanneinrichtung besteht aus einem Permanent- und einem Elektromagneten, wobei letzterer entweder das Permanentmagnetfeld kompensiert oder verstärkt, um den Taststift freizugeben oder zu fixieren. Die hochgenaue und reproduzierbare Tastarmlagerung, die ein ständiges Einmessen (Kalibrieren) des Tastarmes erübrigt, besteht in dieser Spanneinrichtung aus drei radial ausgerichteten Zylinderkörpern und das Gegenlager weist drei Kugelpaare auf, die sich mit ihren Zwischenräumen an die Zylinderkörper anlegen. Da die Kugelpaar-Zylinderkörper-Lager sinnvollerweise im Winkel von 120° gleichverteilt um die Zentralachse des Tastarms angeordnet sind, ist für die eindeutige Zuordnung im Winkelbereich von 360° eine zusätzliche Passfüh-

rung erforderlich, wie beispielsweise eine radiale Nut, in die vom Gegenlageranschlusskörper ein Stift zusätzlich eingreift.

**[0007]** Von Nachteil ist dabei, dass zur Zentrierung dieser Spanneinrichtung stets noch ein Axialstift oder zylindrischer Gehäusemantel erforderlich ist, der die An- und Abkopplung infolge von Reib- und Querkräften erschweren und bei einer Magnetkopplung sogar verhindern kann.

**[0008]** Des Weiteren ist aus der WO 2018/048872 A1 ein Verfahren und eine Maschine für die Messung von gezahnten Werkstücken offenbart, die sowohl taktile als auch kontaktlose Sensoren aufweist. Aus der Offenbarung kann auch - vorrangig aus den Zeichnungen - ein Tastarmwechselsystem entnommen werden, bei dem eine Mehrzahl von taktilen Messsonden in eine vertikale Anordnung von Magazin-fächern eingefügt ist. Die Messsonden sind mit dem Magazin vertikal verfahrbar und müssen bei Entnahme in horizontaler Richtung herausgehoben werden, wobei jedoch keine Angaben zur definierten horizontalen Positionierung der Messsonden innerhalb jedes Magazin-fachs vorhanden sind.

**[0009]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine neue Möglichkeit zum Auswechseln von taktilen Tastarmen einer 3D-Messeinrichtung zu finden, bei der das Tastarmwechselssystem keine zusätzlichen Bewegungsroboter für das Tastarmwechseln und keine weiteren Verfahrsachsen, außer den zum Messvorgang benötigten Scanachsen, erfordert. Außerdem soll das Fixieren des Tastarms am Tastkopf zuverlässig und einfach gestaltet sein, ohne dass eine Schwergängigkeit der Tastarmentnahme aus einem Magazin oder der Tastarmankopplung und -abkopplung am Tastkopf auftreten kann.

**[0010]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei einer Vorrichtung zum Auswechseln eines taktilen Tastarms einer 3D-Messeinrichtung, die mindestens einen in drei Koordinatenrichtungen beweglichen Tastkopf und den auswechselbaren Tastarm umfasst, der mittels einer Tastarmkupplung temporär starr mit dem Tastkopf verbunden und durch mindestens einen in einem Magazin vorhandenen Austauschastarm austauschbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Magazin außerhalb eines zwischen Reitstock und Spindelstock befindlichen Messbereichs entlang einer der Koordinatenrichtungen, die den Hauptbewegungsachsen der 3D-Messeinrichtung zugeordnet sind, angeordnet ist und Ablagefächer für mehrere Tastarme in horizontaler Richtung aufweist, wobei die Ablagefächer durch in wenigstens zwei vertikale Trägerplatten des Magazins eingebrachte Ausschnitte gebildet sind, dass der Tastarm einen zylindrischen Tastarmschaft sowie mindestens einen taktilen Kugeltaster an einem distalen Ende und eine flanschartige Koppelplatte an einem proximalen Ende des

Tastarmschaftes aufweist, wobei die Koppelplatte mit Mitteln zur temporären definierten Kopplung des Tastarms an den Tastkopf ausgestattet ist, und dass der Tastarm an der Koppelplatte und das Magazin an mindestens einer der Trägerplatten komplementäre keilförmige Formelemente mit einer zur Schwerkraft ausgerichteten V-Form aufweisen, um im Magazin eine reproduzierbare definierte rotatorische Ausrichtung jedes abgelegten Tastarms vorzugeben.

**[0011]** Vorteilhaft weist die Koppelplatte des Tastarms zur radialen Reproduzierbarkeit der Tastarmlage im Magazin als Grundform einen Kreis auf, an dem zwei gleichgroße Kreissegmente an Sekanten des Kreises ausgespart sind, die einen gemeinsamen Schnittpunkt außerhalb des Kreises in einer vertikalen Symmetrieebene des Tastarms haben, zu der die Kreissegmente und eine daraus in Richtung der Schwerkraft resultierende V-Form der Koppelplatte symmetrisch liegen, und dass eine erste Trägerplatte des Magazins einen zur V-Form der Koppelplatte komplementären, in Richtung der Schwerkraft ausgerichteten V-förmigen Ausschnitt aufweist.

**[0012]** Die Koppelplatte des Tastarms kann des Weiteren zur radialen Reproduzierbarkeit der Tastarmlage im Magazin zweckmäßig als Grundform ein gleichschenkliges Dreieck aufweisen, dessen Symmetrieebene in einer vertikalen Axialebene des Tastarms angeordnet ist, zu der eine daraus in Richtung der Schwerkraft resultierende V-Form der Koppelplatte symmetrisch liegt, und dass eine erste Trägerplatte des Magazins einen zur V-Form der Koppelplatte komplementären, in Richtung der Schwerkraft ausgerichteten V-förmigen Ausschnitt aufweist.

**[0013]** Dabei ist der gegenüber der V-Form der Koppelplatte des Tastarms komplementäre V-förmige Ausschnitt in wenigstens der ersten Trägerplatte des Magazins vorzugsweise als gleichschenkliges Dreieck oder als gleichschenkliges Trapez ausgebildet.

**[0014]** Zur Reproduzierbarkeit der axialen Tastarmlage im Magazin ist wenigstens an einer ersten Trägerplatte des Magazins mindestens eine vordere Halteplatte so angebracht, dass ein zur V-Form der Koppelplatte des Tastarms komplementärer V-förmiger Ausschnitt der ersten Trägerplatte mindestens partiell durch einen Überstand der vorderen Halteplatte abgedeckt ist, sodass die Koppelplatte eine axial feste Position im V-förmigen Ausschnitt der ersten Trägerplatte des Magazins aufweist, wenn der Tastkopf von der Koppelplatte des Tastarms axial entfernt wird. Dabei kann für die Reproduzierbarkeit der axialen Tastarmlage im Magazin wenigstens an der ersten Trägerplatte eine hintere Halteplatte zusätzlich angebracht sein, sodass der zur Form der Koppelplatte des Tastarms komplementäre V-förmiger Ausschnitt der ersten Trägerplatte mindestens partiell durch je einen Überstand der vorderen Halte-

platte und der hinteren Halteplatte abgedeckt ist, damit die Koppelplatte eine axial feste Position im V-förmigen Ausschnitt der ersten Trägerplatte des Magazins gegen jegliche axiale Bewegung des Tastarms aufweist.

**[0015]** Vorteilhaft weist die Koppelplatte als Mittel zur temporären definierten Kopplung des Tastarms an den Tastkopf entweder zwei quer zueinander ausgerichtete Paarungen aus prismatischer Ausnehmung und Zylindersegment oder Paarungen aus prismatischer Ausnehmung und Kugelsegmenten zwischen der Koppelplatte des Tastarms und einer Aufnahmeplatte des Tastkopfes auf, wobei die temporäre Kopplung zwischen Koppelplatte und Aufnahmeplatte durch eine axial lösbare Fixierung auf Basis einer Kraftwirkung erzeugt ist.

**[0016]** In einer bevorzugten Ausführung ist die Koppelplatte des Tastarms an die Aufnahmeplatte des Tastkopfes mittels einer Anordnung von zwei quer zueinander in einer Radialebene um eine Tastarmachse angeordneten prismatischen Ausnehmungen einerseits sowie von zwei komplementär ausgerichteten Paarungsgegenständen aus Zylindersegmenten und/oder Kugelsegmenten andererseits definiert ankoppelbar. Dabei kann ein Zylindersegment durch zwei bezüglich einer prismatischen Ausnehmung zueinander beabstandete Kugelsegmente ersetzt werden.

**[0017]** In einer weiteren vorteilhaften Ausführung ist zwischen Koppelplatte des Tastarms und Aufnahmeplatte des Tastkopfes eine Dreipunktauflage vorgesehen, wobei die Dreipunktauflage drei konvexe sphärische Oberflächen aufweist, die mit jeweils zwei divergierend angeordneten Flanken von drei prismatischen Ausnehmungen in Kontakt sind, wobei die prismatischen Ausnehmungen um eine Tastarmachse verteilt und beliebig zueinander ausgerichtet sein können, aber keine prismatische Ausnehmung parallel zu einer der anderen ausgerichtet ist. Vorzugsweise sind die prismatischen Ausnehmungen bezüglich einer Symmetrieebene, die durch V-Form der Koppelplatte vorgegeben ist und die innerhalb einer vertikalen Axialebene des Tastarms liegt, symmetrisch angeordnet. In einer besonders vorteilhaften Ausführung sind die prismatischen Ausnehmungen sämtlich radial auf die Tastarmachse ausgerichtet.

**[0018]** Die axial lösbare Fixierung des Tastarms am Tastkopf wird zweckmäßig mittels elektrischer oder magnetischer Feldwirkung realisiert.

**[0019]** Dazu kann die temporäre Kopplung zwischen Koppelplatte und Aufnahmeplatte vorzugsweise als eine magnetische Feldwirkung ausgebildet sein, die alternativ durch zwei Permanentmagneten, durch einen Permanentmagnet und ein ferromagnetisches Material, durch einen Permanentmagnet und einen

Elektromagnet, durch ein ferromagnetisches Material und einen Elektromagnet oder durch zwei Elektromagneten erzeugtbar ist.

**[0020]** In einer alternativen Ausführung der temporären Tastarmkupplung ist die Koppelplatte des Tastarms mit der Aufnahmeplatte des Tastkopfes derart gekoppelt, dass zwei divergierende Flanken der einen prismatischen Ausnehmung coaxial zur Tastarmachse in der Aufnahmeplatte eingeformt oder an einem angeformten Winkelstück angebracht sind, sodass die coaxiale prismatische Ausnehmung den zylindrischen Tastarmschaft des Tastarms entlang zweier Kontaktlinien berührt, und die weitere prismatische Ausnehmung orthogonal zu der coaxialen prismatischen Ausnehmung und radial zur Tastarmachse angeordnet ist, sodass ein radial zwischen Koppelplatte und Aufnahmeplatte angebrachtes Zylindersegment entlang zweier Kontaktlinien mit der radial gerichteten prismatischen Ausnehmung in Kontakt steht, wenn mindestens eine radiale Kraftwirkung gegen die coaxiale prismatische Ausnehmung durch eine an der Aufnahmeplatte verankerte coaxial orientierte Blattfeder vorhanden ist. Dabei kann eine zusätzliche axiale Kraftwirkung durch elektrische oder magnetische Feldwirkung vorgesehen sein.

**[0021]** Die Erfindung basiert auf der Grundüberlegung, dass die Effizienz einer 3D-Messeinrichtung bei einer taktilen Abtastung von Körpern, die eine Mehrzahl von Antastungen mit unterschiedlichen Tastarmen erfordern, noch dadurch gesteigert werden kann, dass eine vollautomatische Tastarmwechsellvorrichtung für den schnellen und wahlfreien Tastarmwechsel im Abtastsystem der 3D-Messeinrichtung integriert ist. Gemäß der Erfindung wird dieses Problem gelöst, indem zusätzliche Handlingmechanismen für Abkopplung, Abtransport und Ablage des benutzten Tastarms und für Aufnahme, Zuführung und Ankopplung weiterer Tastarme sowie zusätzliche Bewegungsachsen, die im 3D-Abtastsystem nicht vorhanden sind, vermieden werden.

**[0022]** Bei einem Tastarmwechsel in einer 3D-Messeinrichtung treten folgende Problemfelder nebeneinander auf. Das sind

- die Tastarmlagerung in einem Magazin, das auf kurzem Weg (schnell) erreichbar sein muss,
- die genaue und reproduzierbare Tastarmablage im Magazin,
- die genaue und reproduzierbare Ankopplung des Tastarms und dessen sicherer Sitz am Tastkopf für den Messvorgang sowie dessen einfache Abkopplung bei der Ablage im Magazin.

**[0023]** Die schnelle Erreichbarkeit des Magazins wird dadurch erreicht, dass in Verlängerung einer Hauptscanachse der 3D-Messeinrichtung das Magazin für die austauschbaren Tastarme angeordnet ist,

sodass der Tastkopf bei Verlassen des Messbereiches der 3D-Messeinrichtung unmittelbar an die horizontal ausgerichteten Ablageplätze des Magazins gelangt und dort in einen freien Ablageplatz den benutzten Tastarm ablegen kann, um im Austausch einen benachbart gelegenen anderen Tastarm aufzunehmen.

**[0024]** Für diesen An- und Abkopplungsprozess sind Magazinablagefächer und Tastarmkupplung geeignet gestaltet, wobei der Tastarm als charakteristisches Merkmal eine Koppelplatte mit im Wesentlichen kreisförmiger Grundform um die Tastarmachse aufweist, an der Kreissegmente ausgespart sind, deren Sehnen durch Sekanten an dem Kreis definiert sind, die einen gemeinsamen Schnittpunkt in einer vertikalen Axialebene des Tastarms aufweisen. Für die daraus resultierende oder jede anders erzeugte V-Form der Koppelplatte ist in einer ersten Trägerplatte des Magazins eine angepasste V-förmige Ausnehmung vorhanden, die in Richtung der Schwerkraft ausgerichtet ist, um eine reproduzierbare definierte rotatorische Ausrichtung des Tastarms zu erreichen. Die genaue und reproduzierbare Ablage der wechselbaren Tastarme im Magazin wird des Weiteren durch eine bezüglich der Längsachse der Tastarme axial beabstandete zweite Trägerplatte mit einer für den Tastarm angepassten Ausnehmung in Richtung der Schwerkraft realisiert, wobei die vorzugsweise keilförmige Ausnehmung zur definierten Lagerung am oberen Rand der zweiten Trägerplatte so eingebracht ist, um eine definierte horizontale Ablage des Tastarms im Magazin zu gewährleisten. Andererseits sind zur Reproduzierbarkeit der axialen Lage der Tastarme an der ersten Trägerplatte Haltebleche an der Vorder- und/oder Rückseite der ersten Trägerplatte so angebracht, dass zu dem zur V-Form der Koppelplatte des Tastarms komplementären Ausschnitt der ersten Trägerplatte mindestens partiell ein Überstand vorhanden ist, sodass der Tastarm eine axial eindeutig definierte Position einnimmt. Für die vorgenannten Grundpositionierungen sind verschiedene Ausführungsformen möglich, die danach zu unterscheiden sind, an welcher axialen Position des Tastarms die axiale Fixierung eingearbeitet ist und wie die Kopplung und Fixierung des Tastarms am Tastkopf vorgesehen ist.

**[0025]** Die einfache und reproduzierbare Kopplung des Tastarms am Tastkopf kann in unterschiedlicher Form erfolgen. Für die rotatorisch reproduzierbare Ausrichtung des Tastarms werden entweder Zweier-Anordnungen von quer zueinander ausgerichteten Paarungen aus Zylindersegment und prismatischer Ausnehmung oder von Paarungen aus Kugelsegmenten und prismatischer Ausnehmung, für die eine orthogonale Orientierung nicht zwingend, jedoch annähernde Parallelausrichtungen verboten sind, zwischen Koppelplatte des Tastarms und Aufnahmeplatte des Tastkopfes angeordnet.

**[0026]** Unter einer prismatischen Ausnehmung im Sinne der Erfindung wird eine nutförmige Vertiefung mit dreieckigem oder trapezförmigem Querschnitt verstanden, die zu der Oberfläche, in der die Ausnehmung eingebracht ist, symmetrisch divergierende Flanken aufweist. Dabei müssen die Endflächen des „Prismas“ nicht parallel sein, sondern können zur Oberfläche der Ausnehmung divergierende Flächen oder auch gerundete Übergangflächen zwischen den Flanken der Ausnehmung sein.

**[0027]** In einer ersten Variante ist die Koppelplatte des Tastarms an die Aufnahmeplatte des Tastkopfes mittels einer Anordnung von zwei quer zueinander in einer Radialebene zur Tastarmachse angeordneten prismatischen Ausnehmungen einerseits und zwei komplementär ausgerichteten Zylindersegmenten andererseits definiert ankoppelbar, wenn eine zusätzliche Kraftwirkung (z.B. elektrische und/oder magnetische Feldwirkung) in axialer Richtung des Tastarms vorliegt. Vorzugsweise ist ein Zylindersegment mindestens partiell höhenverstellbar.

**[0028]** In einer zweiten Variante ist eine Dreipunktaufgabe zwischen Koppelplatte und Aufnahmeplatte des Tastkopfes vorgesehen, wobei die Dreipunktaufgabe drei konvexe sphärische Oberflächen aufweist, die mit jeweils zwei divergierend angeordneten Flanken von prismatischen Ausnehmungen in Kontakt treten. Unter der prismatischen Dreipunktaufgabe wird also in diesem Beispiel eine Dreieranordnung von Paarungen aus je einem Kugelsegment und einer prismatischen Ausnehmung mit dreieckigem oder trapezförmigem Querschnitt verstanden, wobei die prismatischen Ausnehmungen um die Tastarmachse verteilt und beliebig zueinander ausgerichtet sein können, aber keine parallel zu einer der anderen Ausnehmungen liegen darf. Vorzugsweise sind die prismatischen Ausnehmungen sämtlich auf die Tastarmachse ausgerichtet oder zumindest bezüglich derjenigen Axialebene, die eine Symmetrieebene für die V-Form der Koppelplatte des Tastarms darstellt, symmetrisch angeordnet. Eine komplementäre Winkelausrichtung und örtliche Verteilung bezüglich der Tastarmachse weisen die Kugelsegmente an der Aufnahmeplatte des Tastkopfes auf. Die Kopplungskräfte können - wie in der ersten Variante - durch elektrische oder magnetische Felder zwischen Koppelplatte und Aufnahmeplatte erzeugt werden.

**[0029]** In einer dritten Variante ist die Koppelplatte des Tastarms mit der Aufnahmeplatte des Tastkopfes derart verbunden, dass zwei divergierende Flanken der prismatischen Ausnehmung in Normalenrichtung der Aufnahmeplatte oder an einem an der Aufnahmeplatte an- oder eingeförmten Winkelstück einen zylindrischen Schaft des Tastarms entlang zweier Kontaktlinien berühren und eine der so gebildeten prismatischen Ausnehmung gegenüberliegende, an der Aufnahmeplatte verankerte Blattfeder für die

axiale Fixierung vorhanden ist. Die zweite prismatische Ausnehmung, die in orthogonaler Richtung zu der ersten prismatischen Ausnehmung und radial zur Tastarmachse angeordnet ist, nimmt entlang zweier Kontaktlinien ein radial an der Koppelplatte angebrachtes Zylindersegment oder einen zylindrischen Stift auf, der an dem aus der Koppelplatte überstehenden Schaft des Tastarms radial zur Koppelplatte angeordnet ist, um den Tastarm in Rotationsrichtung definiert auszurichten. Die axiale Kraftwirkung kann in diesem Fall wieder durch elektrische oder magnetische Feldwirkung in einer der oben beschriebenen Arten erreicht werden.

**[0030]** Durch die Erfindung wird eine neuartige Möglichkeit aufgezeigt, wie eine Vorrichtung zum Auswechseln eines taktilen Tastarms einer 3D-Messeinrichtung realisierbar ist, mit der keine - wie bei bisherigen Tastarmwechsellmagazinen üblich - separaten Bewegungsroboter und zusätzlichen Verfahrachsen für das Tastarmwechseln erforderlich sind. Außerdem ist eine Schwergängigkeit der Tastarmentnahme aus dem Magazin durch V-förmig in Schwerkraft-Richtung orientierte Ablagefächer minimiert. Des Weiteren wird das Fixieren des Tastarms am Tastkopf durch Dreipunkt- bzw. Zweilinienkontakte zwischen mindestens zwei prismatischen Ausnehmungen und darin eingreifenden sphärischen oder zylindrischen Körpersegmenten einfach gestaltet und durch eine gegen die divergierenden Flanken der prismatischen Ausnehmungen angreifende Kraftwirkung zuverlässig realisiert.

**[0031]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und Abbildungen näher erläutert. Dabei zeigen:

**Fig. 1:** eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Tastarmwechsellvorrichtung für eine 3D-Messeinrichtung;

**Fig. 2:** eine Darstellung zur Veranschaulichung des Tastarmwechsels;

**Fig. 3:** eine vorteilhafte Ausführungsvariante des für den Tastarmwechsel vorgesehenen Magazins mit zugeführtem tastarm bestücktem Tastkopf;

**Fig. 4:** eine perspektivische Darstellung einer bevorzugten Ausführung des Magazins;

**Fig. 5:** eine Frontalansicht eines Ausschnitts der ersten Trägerplatte des Magazins gemäß **Fig. 4**;

**Fig. 6:** eine perspektivische Darstellung einer weiteren bevorzugten Ausführung des Magazins;

**Fig. 7:** eine Frontalansicht eines Ausschnitts der ersten Trägerplatte des Magazins gemäß **Fig. 6**;

**Fig. 8:** eine Darstellung des grundlegenden Prinzips der Tastarmkupplung mit einer Zweier-An-

ordnung von quer zueinander ausgerichteten Paarungen aus prismatischer Ausnehmung und Zylindersegment oder Kugelsegmenten;

**Fig. 9:** eine erste vorteilhafte Ausführungsform der Tastarmkupplung als Dreipunktlagerung mit Paarungen aus prismatischer Ausnehmung und Kugelsegment;

**Fig. 10:** eine zweite bevorzugte Ausführung der Tastarmkupplung mit zwei Paarungen aus prismatischer Ausnehmung und Zylindersegment, die in axialer und radialer Richtung des Tastarms ausgerichtet sind;

**Fig. 11:** weitere vorteilhafte Gestaltungen der Tastarmkupplung als Modifikationen der Ausführung der Koppelplatte von **Fig. 9**, wobei die Teilabbildungen je drei prismatische Ausnehmungen zeigen, die a) konzentrisch und gleichverteilt auf einer unter  $60^\circ$  V-förmig beschnittenen kreisförmigen Koppelplatte, b) symmetrisch zu einer vertikalen Axialebene und konzentrisch um die Tastarmachse, aber nicht gleichverteilt auf einer als spitzes, gleichschenkliges Dreieck geformten Koppelplatte und c) symmetrisch zu einer vertikalen Axialebene, aber nicht konzentrisch und nicht gleichverteilt um die Tastarmachse auf einer als rechtwinkliges, gleichschenkliges Dreieck geformten Koppelplatte angeordnet sind;

**Fig. 12:** weitere zweckmäßige Ausführungen von konzentrisch um die Tastarmachse angeordneten prismatischen Ausnehmungen auf einer im Wesentlichen kreisförmigen Koppelplatte a) mit gleichverteilt konzentrischer radialer Ausrichtung, b) mit spiegelsymmetrisch zu einer Axialebene konzentrischer radialer Ausrichtung und c) mit spiegelsymmetrisch zu einer Axialebene konzentrischer, aber nicht radialer Ausrichtung.

**[0032]** Eine erfindungsgemäß ausgestattete 3D-Messeinrichtung 1 gemäß **Fig. 1** umfasst ein Führungselement 11, in diesem Beispiel als bevorzugte vertikale Säule ausgeführt, einen Reitstock 12 und einen Spindelstock 13 zur um eine Drehachse **D** rotierbaren Lagerung eines Messobjekts 2, das vorzugsweise ein weitestgehend rotationssymmetrisches Werkstück ist, eine U-förmige Messeinheit 14, vorzugsweise mit einem im Schattenbildverfahren arbeitenden optischen Messsystem 141 sowie einem taktilen Abtastsystem.

**[0033]** Das taktile Abtastsystem der 3D-Messeinrichtung 1 weist ein 2D-Scansystem 142 auf, das mit einem Schenkel der U-förmigen Messeinheit 14 starr verbunden ist und eine Kreuztischeinheit mit x- und y-Beweglichkeit zusätzlich zur z-Bewegung der U-förmigen Messeinheit 14 aufweist.

**[0034]** Das 2D-Scansystem 142 trägt einen Tastkopf 4 mit einem für die jeweilige Messaufgabe austausch-

baren Tastarm 41, dessen Tastarmachse 411 parallel zu einer der Hauptverfahrachsen (**x** und **y**) des 2D-Scansystems 142 ausgerichtet ist und der an einer Tastkopfhalterung 143 lösbar angekoppelt ist.

**[0035]** Die 3D-Messeinrichtung 1 umfasst ferner zur Vorhaltung verschiedener Austauschastarme 43 für unterschiedliche Messaufgaben ein Magazin 3, in dem parallel zur Tastarmachse 411 des am Tastkopf 4 befindlichen Tastarms 41 Ablagefächer 33 für unterschiedliche Austauschastarme 43 (nur in **Fig. 3** gezeichnet) vorhanden sind.

**[0036]** **Fig. 2** zeigt gegenüber **Fig. 1**, die den Messzustand des Tastkopfes 4 mit angekoppeltem Tastarm 41 darstellt, das Verfahrenregime für den Tastarmwechsel. Die Messeinheit 14 der 3D-Messeinrichtung 1 verfährt in einen Bereich außerhalb des Messbereichs zwischen Reitstock 12 und Spindelstock 13, in diesem Fall unterhalb des Reitstocks 12 zu einem Magazin 3, in dem Austauschastarme 43 (in **Fig. 2** nicht gezeichnet) bereitgestellt werden. Der zuvor benutzte Tastarm 41 wird dazu mittels des 2D-Scansystems 142 in einem Magazin 3 in einem freien Ablagefach 33 abgelegt.

**[0037]** Das Magazin 3 ist als prinzipieller Aufbau in **Fig. 3** in einer perspektivischen Darstellung zeigt. Das Magazin 3 enthält mehrere Ablagefächer 33 zur Aufnahme verschiedener Austauschastarme 43. Jedes Ablagefach 33 besteht aus zwei schmalen beabstandeten gabelähnlichen Stützbereichen, sodass darin ein Austauschastarm 43 oder ein am Tastkopf 4 befindlicher Tastarm 41 von oben mit Hilfe der Verfahrachsen der 3D-Messeinrichtung 1 abgelegt werden kann.

**[0038]** Das Magazin 3 weist dazu eine erste Trägerplatte 31 und eine davon in Richtung der Tastarmachsen 411 beabstandete zweite Trägerplatte 32 auf, in die jeweils angepasst an die Form und an abgestufte Durchmesser des Tastarms 41 bzw. der Austauschastarme 43 und fluchtend mit der oder den Tastarmachsen 411 Einkerbungen bzw. gabelförmige Ausschnitte 321 eingelassen sind, die hier summarisch als definiert geformte Ablagefächer 33 bezeichnet werden. Die Ablagefächer 33 sind an der ersten Trägerplatte 31 zusätzlich durch besondere Vorkehrungen für eine definierte Ablage (rotatorische Ausrichtung) jedes einzelnen Tastarms 41 und für das Trennen der Tastarmkupplung 42 ergänzt. Dabei fungiert der gabelförmige Ausschnitt 321 in der zweiten Trägerplatte 32 lediglich als ein zweites vertikales Stützlager für den Tastarm 41 oder Austauschastarm 43 und der andere Ausschnitt ist so ausgebildet, dass er zwei sehnenförmige Abplattungen eines zylindrischen Abschnitts des Tastarms 41, 43 in axialer Richtung so einschließt, dass der Tastarm 41 entgegengesetzt zu dieser Richtung abgezogen werden kann. Weiterhin verfügt das Ablagefach 33 über eine Posi-

tionierhilfe in Form einer V-Führung, sodass eine wiederholbare exakte Tastarmposition gesichert ist, um den Tastarm **41** immer wieder in derselben Position anzufahren, damit er stets erneut definiert angekuppelt werden kann.

**[0039]** Die Tastarmkupplung **42** ist eine durch Kraft fixierte Verbindung, die vorzugsweise elektrische oder magnetische Feldwirkung ausnutzt und in axialer Richtung des Tastarms **41** lösbar ist. Sie weist in der Ausführung von **Fig. 3** zwei plattenförmigen Elemente, eine Koppelplatte **412** und eine Aufnahmeplatte **422** auf, zwischen denen sich die Feldwirkung entfaltet. Zwischen den beiden Platten **412** und **422** sind definierte Positionierelemente, die im Einzelnen weiter unten beschrieben werden (**Fig. 6-10**), angebracht.

**[0040]** Weiterhin sind am Tastarm **41** Einfräsungen oder im Magazin **3** Vorsprünge vorhanden, welche es ermöglichen, den Tastarm **41** an der ersten Trägerplatte **31** des Magazins **3** formschlüssig in einem der Ablagefächer **33** einzuhaken und mit Hilfe der zur Tastarmachse **411** parallelen Verfahrachse des 2D-Scansystems **142** den Tastarm **41** in axialer Richtung abzuziehen und vom Tastkopf **4** zu lösen. Dabei verbleibt der Tastarm **41** im Ablagefach **33**.

**[0041]** Der Wechselvorgang läuft zwischen den gezeichneten Zuständen von **Fig. 1** und **Fig. 2** wie folgt ab.

**[0042]** Die Verfahrachsen (x- und y-Achsen) des taktilen 2D-Scansystems **142** und die z-Achse der Messeinheit **14** positionieren den Tastarm **41** mittig über einem leeren Ablagefach **33** im Magazin **3** (wie in **Fig. 2** gezeigt). Dann verfährt der Tastkopf **4** entlang der z-Achse nach unten, bis der Tastarm **41** über einem Ablagefach **33** des Magazins **3** steht und sich der Tastarm **41** in das Ablagefach **33** definierende Ausschnitte **311** und **321** (nur in **Fig. 3** bis **Fig. 7** bezeichnet) einlegen lässt und im Bereich einer ersten Trägerplatte **31** des Magazins **3** einhakt. Danach verfährt der Tastkopf **4** entlang der x-Achse der 3D-Messeinrichtung **1** vom Magazin **3** weg, sodass die Haltekraft der Tastarmkupplung **42** überwunden wird und der Tastarm **41** sich löst. Der zuletzt benutzte Tastarm **41** verbleibt dadurch in „seinem“ Ablagefach **33** des Magazins **3**.

**[0043]** Anschließend kann das 2D-Scansystem **142** in y-Richtung achsfluchtend zu einem anderen Ablagefach **33** des Magazins **3** verfahren, in welchem der nächste benötigte Auswechsellastarm **43** liegt. Dabei verfährt der Tastkopf **4** entlang der x-Achse axial an den Austauschastarm **43** heran. Die Tastarmkupplung **42** koppelt durch Einklemmen mit Federkraft (mit eventuellem Einrasten) oder durch Magnetkraft an die Aufnahmeplatte **422** des Tastkopfes **4** an. Dann verfährt der Tastkopf **4** entlang der z-Achse

vermittels des Führungselements **11** der Messeinheit **14** nach oben, bis der Tastarm **41** aus dem Ablagefach **33** des Magazins **3** freigefahren ist. Nun kann das 2D-Scansystem **142** mit Hilfe der Verfahrachsen der 3D-Messeinrichtung **1** die Messung starten.

**[0044]** In **Fig. 4** ist eine vorteilhafte Gestaltung der Ablagefächer **33** des Magazins **3** als perspektivischer Ausschnitt gezeigt. Die genaue und reproduzierbare Ablage der wechselbaren Tastarme (Austauschtastarme **43**) im Magazin **3** wird hier verdeutlicht durch die angepasste erste Trägerplatte **31** des Magazins **3**, die einen kongruenten V-förmigen Ausschnitt **311** für die V-Form der Koppelplatte **412** aufweist, die in Richtung der Schwerkraft ausgerichtet ist, um eine definierte rotatorische Ausrichtung des Austauschastarms **43** reproduzierbar allein durch die Schwerkraft vorzugeben. Eine bezüglich der Längsachse des Austauschastarms **43** axial beabstandete zweite Trägerplatte **32** ist mit einem für den Austauschastarm **43** angepassten gabelförmigen Ausschnitt **321** in Richtung der Schwerkraft realisiert, wobei der gabelförmig aufgeweitete Ausschnitt **321** zur definierten Lagerung am oberen Rand mindestens einer der planparallelen Trägerplatten **31**, **32** eingebracht ist, um eine definierte, verdrehsichere Ablage des Tastarms **41** im Magazin **3** zu gewährleisten. Andererseits sind zur Reproduzierbarkeit der axialen Lage der Austauschastarme **43** an der ersten Trägerplatte **31** eine vordere Halteplatte **312** und eine hintere Halteplatte **313** an der Vorder- und an der Rückseite der ersten Trägerplatte **31** so angebracht, dass in den zur V-Form der Koppelplatte **412** des Austauschastarms **43** komplementären Ausschnittsbereich wenigstens der ersten Trägerplatte **31** mindestens partiell ein Überstand **314** durch die vordere Halteplatte **312** erzeugt wird, sodass der Austauschastarm **43** eine axial feste definierte Position beim Ablösen des Tastkopfes **4** einnimmt. Mit einem gleichartigen partiellen Überstand **314** einer hinteren Halteplatte **313** ist dann die vollständige axiale und rotatorische Fixierung des Austauschastarms **43** an der ersten Trägerplatte **31** gegeben. Dabei können die mindestens in der ersten Trägerplatte **31** des Magazins **3** vorhandenen V-förmigen Ausschnitte **311** entweder als gleichschenklige Dreiecke oder als gleichschenklige Trapeze zur verdrehsicheren Ablage der Austauschastarme **43** geformt sein.

**[0045]** **Fig. 5** zeigt in einer Frontalansicht die Fixierung eines im Ablagefach **33** des Magazins **3** abgelegten Austauschastarms **43** mit der V-förmigen Koppelplatte **412**, bei der die infolge der abgetrennten Koppelplattenabschnitte **413** verbliebenen Ecken der an sich kreisförmigen Grundform der Koppelplatte **412** durch den an diesen Ecken (partiell) von der vorderen Halteplatte **312** erzeugten Überstand **314** gegen ein Herausziehen nach vorn gesichert sind. In dem V-förmig angepassten (komplementären) Ausschnitt **311** der ersten Trägerplatte **31** sind zum Zwe-

cke einer spielfreien Lagerung der Austauschastarme **43** zusätzlich drei Auflagepunkte **315** - einer am linken Schenkel und zwei am rechten Schenkel des V-förmigen Ausschnitts **311** - angeformt, um insbesondere Winkelabweichungen der V-Formen von Koppelplatte **412** und V-förmigem Ausschnitt **311** tolerieren zu können.

**[0046]** In **Fig. 6** ist eine weitere vorteilhafte Gestaltung der Ablagefächer **33** des Magazins **3** als perspektivischer Ausschnitt gezeigt. Die reproduzierbare Ablage der Austauschastarme **43** im Magazin **3** erfolgt hier - wie in **Fig. 4** - durch einen an die V-Form der Koppelplatte **412** angepassten V-förmigen Ausschnitt **311**, der in Richtung der Schwerkraft ausgerichtet ist, um die rotatorische Ausrichtung der Austauschastarme **43** allein mittels der Schwerkraft reproduzierbar vorzugeben. Eine axial entlang der Längsachse des Austauschastarms **43** beabstandete zweite Trägerplatte **32** ist auch in diesem Beispiel mit einem für den jeweiligen Austauschastarm **43** angepassten gabelförmigen Ausschnitt **321** in Richtung der Schwerkraft versehen. Für die Reproduzierbarkeit der axialen Lage der Austauschastarme **43** ist in dieser Ausführungsvariante am Tastarmschaft **414** hinter der Koppelplatte **412** eine Hinterschneidung **415** vorgesehen, in welche die an der ersten Trägerplatte **31** angefügte hintere Halteplatte **313** eingreift, sodass die V-Form der Koppelplatte **412** des Austauschastarms **43** dem komplementären Ausschnitt **311** in der ersten Trägerplatte **31** des Magazins **3** stets axial definiert gegenüber liegt. Der Austauschastarm **43** nimmt somit bereits durch den Eingriff der hinteren Halteplatte **313** in die Hinterschneidung **415** eine axial unverschiebbare Position für das An- und Abkoppeln des Tastkopfes **4** ein, sodass die in **Fig. 4** vorgesehene vordere Halteplatte **312** in diesem Beispiel entfallen kann.

**[0047]** **Fig. 7** zeigt nochmals die Fixierung des im Ablagefach **33** des Magazins **3** abgelegten Austauschastarms **43** gemäß der Ausführung von **Fig. 6** mit der V-förmigen Koppelplatte **412** in einer Frontalansicht, bei der die Hinterschneidungen **415** als parallele Einfräsungen am (verdeckt, gestrichelt gezeichneten) Tastarmschaft **414** zu sehen sind. Die Koppelplatte **412** weist wie im vorherigen Beispiel eine V-Form auf und liegt in einem komplementär geformten V-förmigen Ausschnitt **311**, der drei Auflagepunkte **315** als ein Dreipunktlager zum Ausgleich etwaiger Abweichungen der V-Formen von Koppelplatte **412** und Ausschnitt **311** der ersten Trägerplatte **31** aufweist. Diese Ausführung hat den Vorteil, dass die Koppelplatte **412** für die Ankopplung der Aufnahmeplatte **422** des Tastkopfes **4** völlig frei - d.h. ohne eine vorstehende vordere Halteplatte **312** - zugänglich ist.

**[0048]** In den **Fig. 8** bis **Fig. 10** sind bevorzugte Gestaltungsformen der Tastarmkupplung **42** gezeigt. Das Hauptaugenmerk der Ausführungsvarianten liegt

in der Ausführung der verwendeten Kopplungsmechanismen zwischen Koppelplatte **412** des Tastarms **41** und der Aufnahmeplatte **422** des Tastkopfes **4**. Die Grundformen von Koppelplatte **412** und Aufnahmeplatte **422** sind deshalb in **Fig. 8-10** unverändert, obwohl diese in weiten Grenzen abwandelbar sind, wie zu den **Fig. 9** und **Fig. 10** weiter unten noch erläutert wird.

**[0049]** In **Fig. 8** ist zur definierten reproduzierbaren Kopplung von Tastarm **41** und Tastkopf **4** die Aufnahmeplatte **422** mit zwei orthogonal zueinander und gegenüber der Tastarmachse **411** verteilt liegenden prismatischen Ausnehmungen **421** versehen, in die ein räumlich entsprechend an der Koppelplatte **412** angeordnetes Zylindersegment **423** in die längere prismatische Ausnehmung **421** und ein Kugelsegment **424** in die kürzere prismatische Ausnehmung **421** eingreifen, wenn beide Platten **412** und **422** der Tastarmkupplung **42** aufgrund einer axialen Kraftwirkung **5** sich aufeinander zu bewegen. Dabei können auch zwei Zylindersegmente **423** zum Einsatz kommen, wenn mindestens eines davon differenziell höhenverstellbar bezüglich der Oberfläche der Koppelplatte **412** ist. Die Kraftwirkung **5** der Tastarmkupplung **42** wird in diesem Ausführungsbeispiel von einem Permanentmagneten **51** erzeugt, der auf das ferromagnetische Material der Koppelplatte **412** einwirkt.

**[0050]** In **Fig. 9** sind die prismatischen Ausnehmungen **421** in der Koppelplatte **412** als drei gefaste Langlöcher ausgeführt und in gleichem Abstand zur Tastarmachse **411** positioniert und zu dieser ausgerichtet. Als Gegenpart sind auf der Aufnahmeplatte **422** drei gleichartig positionierte Kugelsegmente **424** befestigt, von denen mindestens zwei höhenverstellbar sein können. Die Kraftwirkung **5** zwischen Koppelplatte **412** und Aufnahmeplatte **422** wird in diesem Fall durch einen in der Aufnahmeplatte **422** befindlichen Elektromagneten **52** realisiert, wobei die Koppelplatte **412** wieder ferromagnetisch ausgeführt ist.

**[0051]** **Fig. 10** zeigt eine dritte Gestaltung der Tastarmkupplung **42**. Bei dieser Ausführung sind die prismatischen Ausnehmungen **421** in die Aufnahmeplatte **422** eingebracht, indem die eine prismatische Ausnehmung **421** in Richtung der verlängerten Tastarmachse **411** in die Aufnahmeplatte **422** hinein ausgeführt und die andere prismatische Ausnehmung **421** entlang der Oberfläche der Aufnahmeplatte **422** in radialer Richtung zur Tastarmachse **411** eingebracht ist. Die gegenüberliegende Koppelplatte **412** weist mit dazu passender räumlicher Orientierung als Zylindersegmente **423** einerseits einen axial verlängerten Tastarmschaft **414** sowie einen radial dazu angeordneten Stift **425** auf. Die Kraftwirkung **5** zur definierten Positionierung des axialen Zylindersegments **423** entlang zweier Kontaktlinien der Flanken der ersten prismatischen Ausnehmung **421** wird dabei durch



eine Blattfeder **53** erzeugt, die an der Aufnahmeplatte **422** befestigt ist und sich horizontal gegenüberliegend entlang der prismatischen Ausnehmung **421** erstreckt. Diese Blattfeder **53** übernimmt auch in axialer Richtung die Fixierung des Stifts **425** in der radialen prismatischen Ausnehmung **421**. Zusätzlich kann noch in axialer Richtung eine magnetische Feldwirkung zum Einsatz kommen, die in diesem Beispiel analog zu **Fig. 8** durch einen Permanentmagnet **51** erzeugt werden kann.

**[0052]** In **Fig. 11** sind in den Teilabbildungen a bis c Ausführungsformen der Koppelplatte **412** dargestellt, die vor allem die möglichen Variationen der Lage von drei prismatischen Ausnehmungen **421** aufzeigen sollen. In der Teilabbildung a ist die absolut gleichverteilte, auf die Tastarmachse **411** zentral ausgerichtete Orientierung der prismatischen Ausnehmungen **421** gezeigt. Dabei ist die Koppelplatte **412** ausgehend von einer Kreisform durch zwei abgetrennte Koppelplattenabschnitte **413** auf eine Keilform für die bereits oben beschriebene Ablage im Magazin **3** gebracht worden. Der Keilwinkel ist auf  $60^\circ$  eingestellt, um die Gleichverteilung der prismatischen Ausnehmungen **421** auf einer konzentrischen Kreislinie zu ermöglichen.

**[0053]** In der Teilabbildung b von **Fig. 11** ist der Keilwinkel deutlich kleiner als  $60^\circ$  gewählt und die Koppelplatte **412** durch drei Koppelplattenabschnitte **413** auf die Form eines spitzwinkligen gleichschenkligen Dreiecks gebracht worden. Die prismatischen Ausnehmungen **421** sind in diesem Fall symmetrisch zu einer Symmetrieebene **416**, die eine vertikale Axialebene des Tastarms **41** ist, angeordnet, wobei sich die Längsachsen der prismatischen Ausnehmungen **421** oberhalb der Tastarmachse **411** in einem Punkt in der besagten Symmetrieebene **416** schneiden.

**[0054]** Die Teilabbildung c in **Fig. 11** zeigt eine Dreiecksform der Koppelplatte **412**, die ebenfalls durch drei Koppelplattenabschnitte **413** derart erzeugt ist, dass der Keilwinkel der V-Form etwa  $90^\circ$  beträgt. Die prismatischen Ausnehmungen **421** sind in diesem Beispiel so ausgerichtet, dass sich die Längsachsen in einem Punkt unterhalb der Tastarmachse **411** in der Symmetrieebene **416** des entstandenen rechtwinkligen gleichseitigen Dreiecks schneiden.

**[0055]** In **Fig. 12** zeigen die drei Teilabbildungen a bis c weitere Variationen der prismatischen Ausnehmungen **421** auf einer beibehaltenen kreisförmigen Grundform der Koppelplatte **412** mit jeweils zwei Koppelplattenabschnitten **413**, die die erforderliche V-Form für die Ablage im Magazin **3** erzeugen. Die Teilabbildung a zeigt bei dieser Form der Koppelplatte **412** eine Gleichverteilung der als Langlöcher ausgebildeten prismatischen Ausnehmungen **421**, die um die Tastarmachse **411** jeweils um einen Winkel von  $120^\circ$  versetzt und konzentrisch angeordnet sind.

**[0056]** Teilabbildung b von **Fig. 12** weist zwar die gleiche konzentrische Anordnung zur Tastarmachse **411** wie Teilabbildung a auf, jedoch sind die Winkel um die Tastarmachse **411** einmal kleiner und zweimal größer als  $120^\circ$  gewählt. Die Aufteilung ist symmetrisch zur oben beschriebenen Axialebene des Tastarms **41**, aber die Ausrichtung der prismatischen Ausnehmungen **421** ist nicht einheitlich auf die Tastarmachse **411** oder einen gemeinsamen Schnittpunkt in der Symmetrieebene **416** gerichtet, sondern alle drei prismatischen Ausnehmungen **421** sind beliebig ausgerichtet, wobei darauf zu achten ist, dass keine der prismatischen Ausnehmungen **421** parallel zu einer der anderen sein darf und auch nicht alle prismatischen Ausnehmungen **421** tangential auf konzentrischen Kreisen um die Tastarmachse **411** ausgerichtet sind.

**[0057]** Die Teilabbildung c in **Fig. 12** zeigt noch eine weitere symmetrische Anordnung der prismatischen Ausnehmungen **421**, bei der sich die Längsrichtungen der nicht in der Symmetrieebene **416** liegenden prismatischen Ausnehmungen **421** im Zentrum der dritten prismatischen Ausnehmung **421** in der Symmetrieebene **416** schneiden. Diese Anordnung ist besonders für spitzwinklige Ausführungen der V-Form der Koppelplatte **412** geeignet.

**[0058]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Auswechseln eines taktilen Tastarms **41** einer 3D-Messeinrichtung **1** hat vor allem auch noch die folgenden Vorteile:

- Die horizontale Ablage verschiedener Austauschastarme **43** im Magazin **3** entspricht der Arbeitsausrichtung der Tastarme **41** in der 3D-Messeinrichtung **1** und ist in Verlängerung einer der Hauptabtastachsen der 3D-Messeinrichtung **1** (außerhalb des Messbereichs zwischen Reitsock **12** und Spindelstock **13**) erreichbar.
- Die Gestaltung des Magazins **3** ist sehr preiswert, da dieses als Blechkonstruktion sehr einfach umsetzbar ist.
- Der Tastarmwechsel kann einfach als eine Art erweiterte Scanfunktion des Tastkopfes **4** angelernt werden, indem für eine bestimmte Abtastaufgabe zuerst der erforderliche Tastarm **41** bzw. Austauschastarm **43** vom Magazin **3** abgenommen wird.
- Die Vorrichtung zum Auswechseln eines taktilen Tastarms **41** ist mit einer Tastarmerkennung ergänzbar, indem eine zusätzliche „Intelligenz“ (z.B. RFID-Technik) integriert wird.

Bezugszeichenliste	
1	3D-Messeinrichtung
11	Führungselement
12	Reitstock
13	Spindelstock
14	Messeinheit
141	optisches Messsystem
142	2D-Scansystem
143	Tastkopfhalterung
2	Messobjekt/ Werkstück
3	Magazin (für Tastarme 41)
31	(erste) Trägerplatte
311	(V-förmiger) Ausschnitt
312	vordere Halteplatte
313	hintere Halteplatte
314	Überstand
315	Auflagepunkte
32	(zweite) Trägerplatte
321	(gabelförmiger) Ausschnitt
33	Ablagefächer
4	Tastkopf
41	Tastarm
411	Tastarmachse
412	Koppelplatte
413	Koppelplattenabschnitt
414	Tastarmschaft
415	Hinterschneidung
416	Symmetrieebene
42	Tastarmkupplung
421	prismatische Ausnehmung
422	Aufnahmeplatte
423	Zylindersegment
424	Kugelsegment
425	Stift
43	Austauschtastarm
5	Kraftwirkung
51	Permanentmagnet

52	Elektromagnet
53	Blattfeder
D	Drehachse

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Auswechseln eines taktilen Tastarms einer 3D-Messeinrichtung, die mindestens einen in drei Koordinatenrichtungen beweglichen Tastkopf (4) und den auswechselbaren Tastarm (41) umfasst, der mittels einer Tastarmkupplung (42) temporär starr mit dem Tastkopf (4) verbunden und durch mindestens einen in einem Magazin (3) vorhandenen Austauschastarm (43) austauschbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- das Magazin (3) außerhalb eines zwischen Reitstock (12) und Spindelstock (13) befindlichen Messbereichs entlang einer der Koordinatenrichtungen, die den Hauptbewegungsachsen der 3D-Messeinrichtung (1) zugeordnet sind, angeordnet ist und Ablagefächer (33) für mehrere Tastarme (41; 43) in horizontaler Richtung aufweist, wobei die Ablagefächer (33) durch in wenigstens zwei vertikale Trägerplatten (31, 32) des Magazins (3) eingebrachte Ausschnitte (311, 321) gebildet sind,

- der Tastarm (41) einen zylindrischen Tastarmschaft (414) sowie mindestens einen taktilen Kugeltaster an einem distalen Ende und eine flanschartige Koppelplatte (412) an einem proximalen Ende des Tastarmschaftes (414) aufweist, wobei die Koppelplatte (412) mit Mitteln zur temporären definierten Kopplung des Tastarms (41; 43) an den Tastkopf (4) ausgestattet ist, und

- der Tastarm (41; 43) an der Koppelplatte (412) und das Magazin (3) an mindestens einer der Trägerplatten (31, 32) komplementäre keilförmige Formelemente mit einer zur Schwerkraft ausgerichteten V-Form aufweisen, um im Magazin (3) eine reproduzierbare definierte rotatorische Ausrichtung jedes abgelegten Tastarms (41; 43) vorzugeben.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Koppelplatte (412) des Tastarms (41; 43) zur radialen Reproduzierbarkeit der Tastarm-lage im Magazin (3) als Grundform einen Kreis aufweist, an dem zwei gleichgroße Kreissegmente an Sekanten des Kreises ausgespart sind, die einen gemeinsamen Schnittpunkt außerhalb des Kreises in einer vertikalen Symmetrieebene (416) des Tastarms (41; 43) haben, zu der die Kreissegmente und eine daraus in Richtung der Schwerkraft resultierende V-Form der Koppelplatte (412) symmetrisch liegen, und dass eine erste Trägerplatte (31) des Magazins (3) einen zur V-Form der Koppelplatte (412) komplementären, in Richtung der Schwerkraft ausgerichteten V-förmigen Ausschnitt (311) aufweist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Koppelplatte (412) des Tastarms

(41; 43) zur radialen Reproduzierbarkeit der Tastarmlage im Magazin (3) als Grundform ein gleichschenkliges Dreieck aufweist, dessen Symmetrieebene (416) in einer vertikalen Axialebene des Tastarms (41; 43) angeordnet ist, zu der eine daraus in Richtung der Schwerkraft resultierende V-Form der Koppelplatte (412) symmetrisch liegt, und dass eine erste Trägerplatte (31) des Magazins (3) einen zur V-Form der Koppelplatte (412) komplementären, in Richtung der Schwerkraft ausgerichteten V-förmigen Ausschnitt (311) aufweist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der gegenüber der V-Form der Koppelplatte (412) des Tastarms (41; 43) komplementäre V-förmige Ausschnitt (311) in wenigstens der ersten Trägerplatte (31) des Magazins (3) als gleichschenkliges Dreieck oder als gleichschenkliges Trapez ausgebildet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Reproduzierbarkeit der axialen Tastarmlage im Magazin (3) wenigstens an einer ersten Trägerplatte (31) mindestens eine vordere Halteplatte (312) so angebracht ist, dass ein zur V-Form der Koppelplatte (412) des Tastarms (41) komplementärer V-förmiger Ausschnitt (311) der ersten Trägerplatte (31) mindestens partiell durch einen Überstand (314) der vorderen Halteplatte (312) abgedeckt ist, sodass die Koppelplatte (412) eine axial feste Position im V-förmigen Ausschnitt (311) der ersten Trägerplatte (31) des Magazins (3) aufweist, wenn der Tastkopf (4) von der Koppelplatte (412) des Tastarms (41; 43) axial entfernt wird.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Reproduzierbarkeit der axialen Tastarmlage im Magazin (3) wenigstens an der ersten Trägerplatte (31) zusätzlich eine hintere Halteplatte (313) so angebracht ist, dass ein zur Form der Koppelplatte (412) des Tastarms (41; 43) komplementärer V-förmiger Ausschnitt (311) der ersten Trägerplatte (31) mindestens partiell durch einen Überstand (314) der vorderen Halteplatte (312) und der hinteren Halteplatte (313) abgedeckt ist, sodass die Koppelplatte (412) eine axial feste Position im V-förmigen Ausschnitt (311) der ersten Trägerplatte (31) des Magazins (3) gegen jegliche axiale Bewegung des Tastarms (41; 43) aufweist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Koppelplatte (412) als Mittel zur temporären definierten Kopplung des Tastarms (41) an den Tastkopf (4) entweder zwei quer zueinander ausgerichtete Paarungen aus prismatischer Ausnehmung (421) und Zylindersegment (423) oder Paarungen aus prismatischer Ausnehmung (421) und Kugelsegmenten (424) zwischen der Koppelplatte (412) des Tastarms (41) und einer Aufnahmeplatte (422) des Tastkopfes (4) aufweist, wobei die temporäre

Kopplung zwischen Koppelplatte (412) und Aufnahmeplatte (422) durch eine axial lösbare Fixierung auf Basis einer Kraftwirkung (5) erzeugt ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Koppelplatte (412) des Tastarms (41) an die Aufnahmeplatte (422) des Tastkopfes (4) mittels einer Anordnung von zwei quer zueinander in einer Radialebene um eine Tastarmachse (411) angeordneten prismatischen Ausnehmungen (421) einerseits sowie von zwei komplementär ausgerichteten Paarungsgegenständen Zylindersegment (423) und Kugelsegment (424) andererseits definiert an-koppelbar ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Zylindersegment (423) durch zwei bezüglich einer prismatischen Ausnehmung (421) zueinander beabstandete Kugelsegmente (424) ersetzt ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen Koppelplatte (412) des Tastarms (41) und Aufnahmeplatte (422) des Tastkopfes (4) eine Dreipunktauflage vorgesehen ist, wobei die Dreipunktauflage drei konvexe sphärische Oberflächen aufweist, die mit jeweils zwei divergierend angeordneten Flanken von drei prismatischen Ausnehmungen (421) in Kontakt sind, wobei die prismatischen Ausnehmungen (421) um eine Tastarmachse (411) verteilt und beliebig zueinander ausgerichtet sein können, aber keine prismatische Ausnehmung (421) parallel zu einer der anderen ausgerichtet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die prismatischen Ausnehmungen (421) bezüglich einer Symmetrieebene (416) der V-Form der Koppelplatte (412), die innerhalb einer vertikalen Axialebene des Tastarms (41) liegt, symmetrisch angeordnet sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die prismatischen Ausnehmungen (421) sämtlich radial auf die Tastarmachse (411) ausgerichtet sind.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die axial lösbare Fixierung mittels elektrischer oder magnetischer Feldwirkung ausgebildet ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die temporäre Kopplung zwischen Koppelplatte (412) und Aufnahmeplatte (422) als eine magnetische Feldwirkung ausgebildet ist, die alternativ durch zwei Permanentmagneten (51), durch einen Permanentmagnet (51) und ein ferromagnetisches Material, durch einen Permanentmagnet (51) und einen Elektromagnet (52), durch ein ferro-

magnetisches Material und einen Elektromagnet (52) oder durch zwei Elektromagneten (52) erzeugbar ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Koppelplatte (412) des Tastarms (41) mit der Aufnahmeplatte (422) des Tastkopfes (4) derart gekoppelt ist, dass zwei divergierende Flanken der einen prismatischen Ausnehmung (421) koaxial zu einer Tastarmachse (411) in der Aufnahmeplatte (422) eingeformt oder an einem angeformten Winkelstück angebracht sind, sodass die koaxiale prismatische Ausnehmung (421) den zylindrischen Tastarmschaft (414) des Tastarms (41) entlang zweier Kontaktlinien berührt, und die weitere prismatische Ausnehmung (421) orthogonal zu der koaxialen prismatischen Ausnehmung (421) und radial zur Tastarmachse (411) angeordnet ist, sodass ein radial zwischen Koppelplatte (412) und Aufnahmeplatte (422) angebrachtes Zylindersegment (423) entlang zweier Kontaktlinien mit der radial gerichteten prismatischen Ausnehmung (421) in Kontakt steht, wenn mindestens eine radiale Kraftwirkung (5) gegen die koaxiale prismatische Ausnehmung (421) durch eine an der Aufnahmeplatte (422) verankerte koaxial orientierte Blattfeder (53) vorhanden ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine zusätzliche axiale Kraftwirkung (5) durch elektrische oder magnetische Feldwirkung vorgesehen ist.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

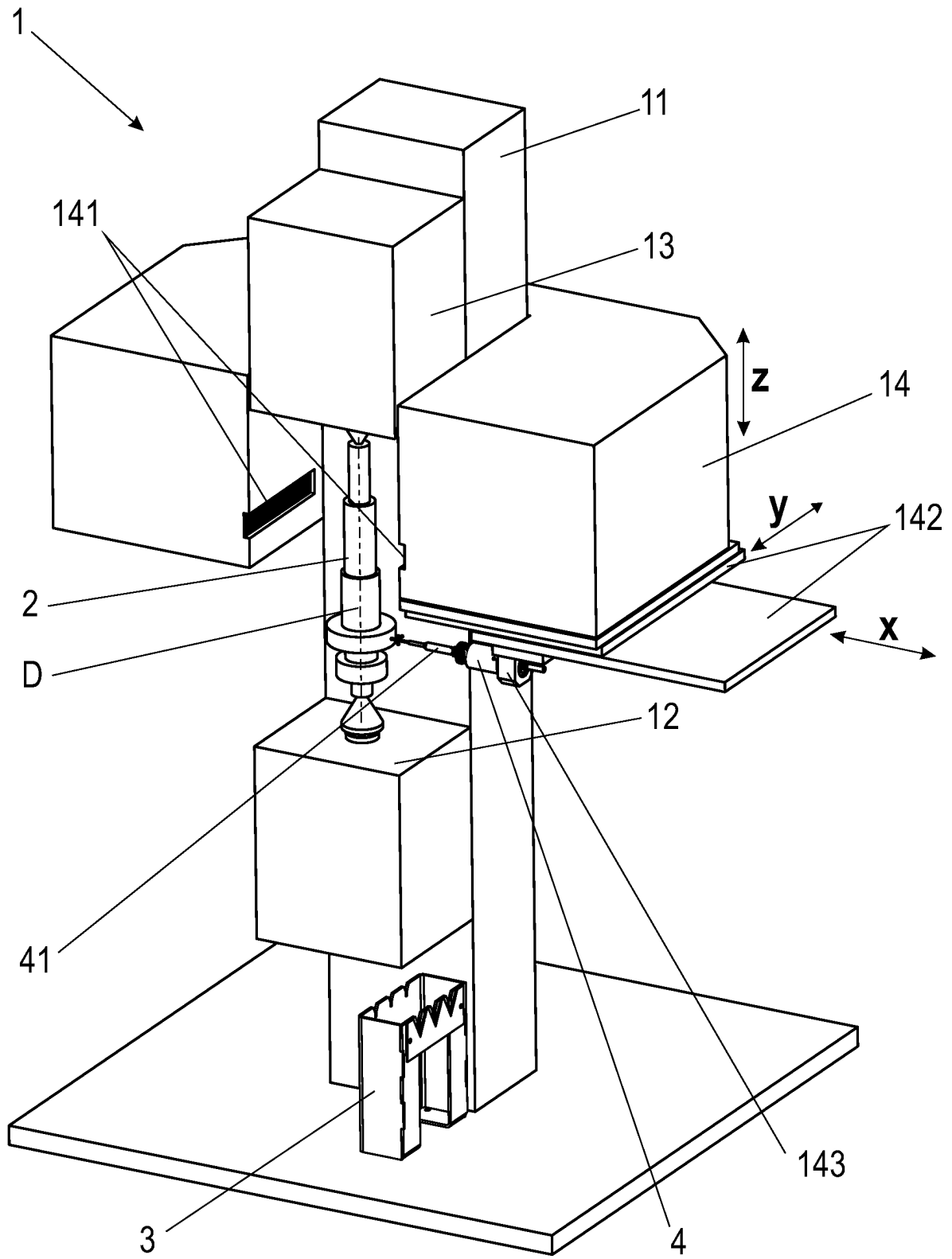
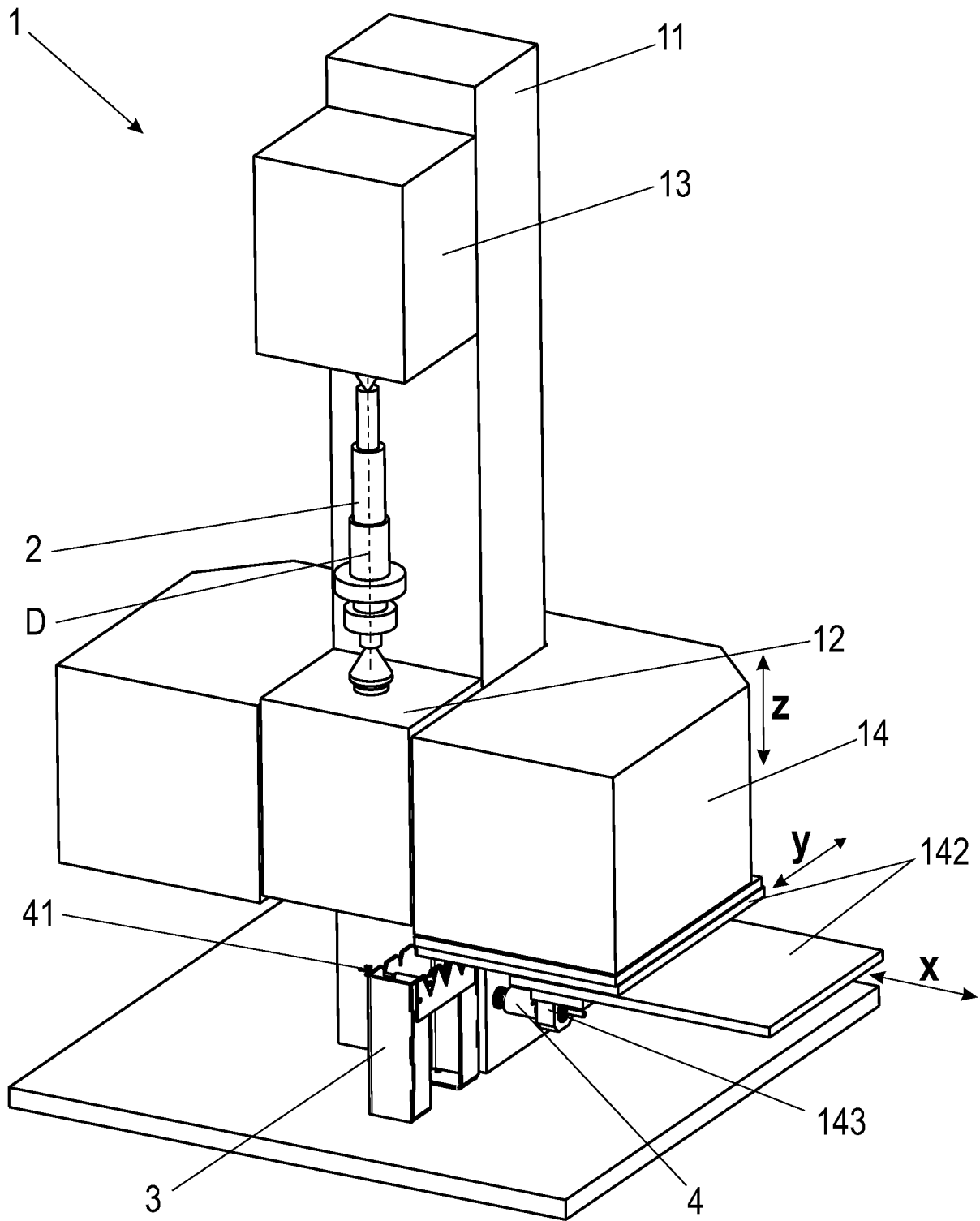
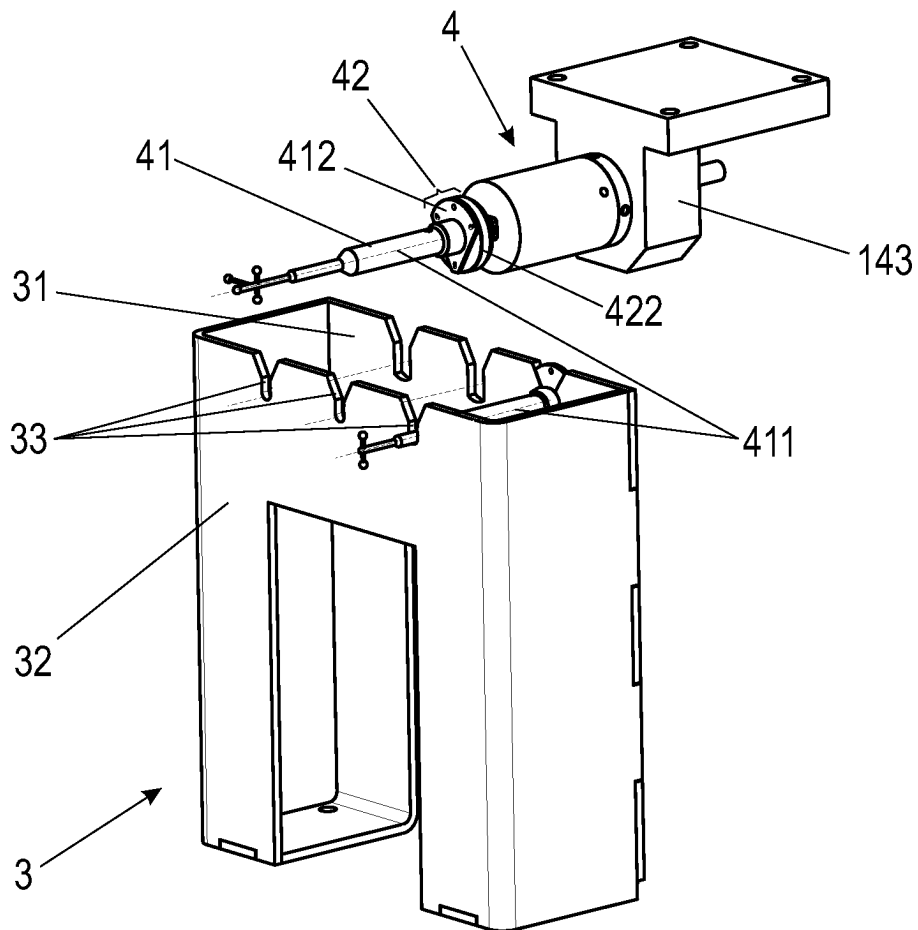


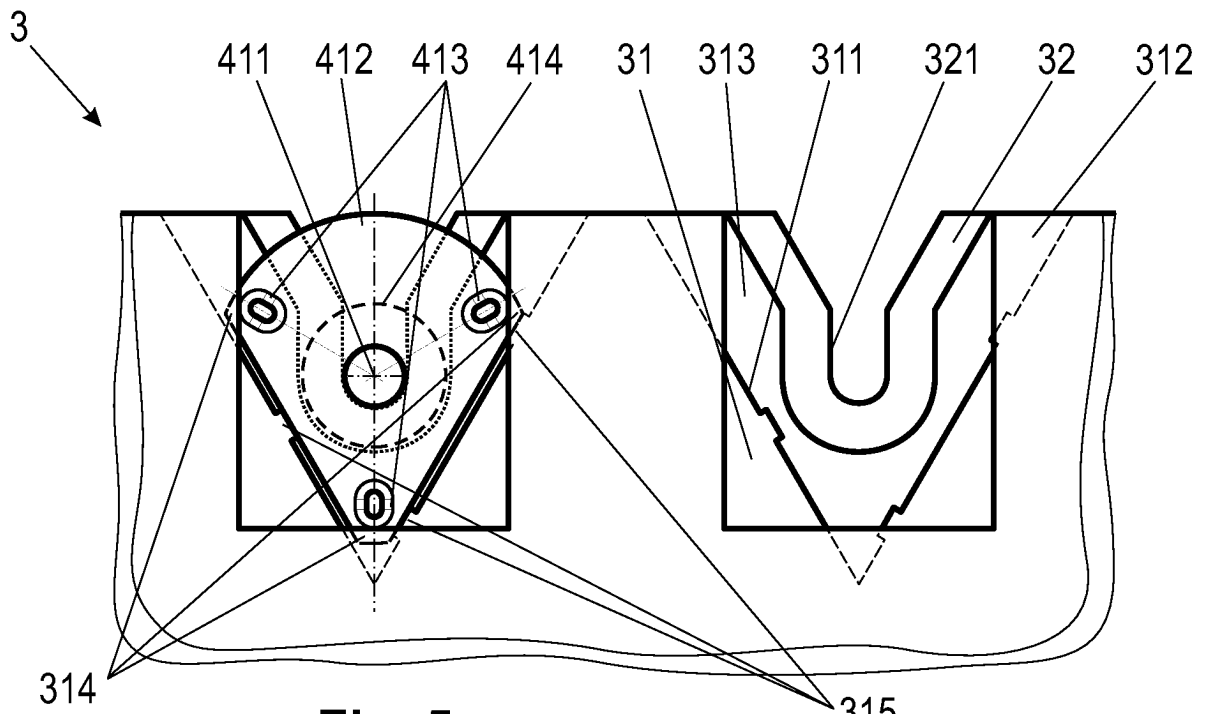
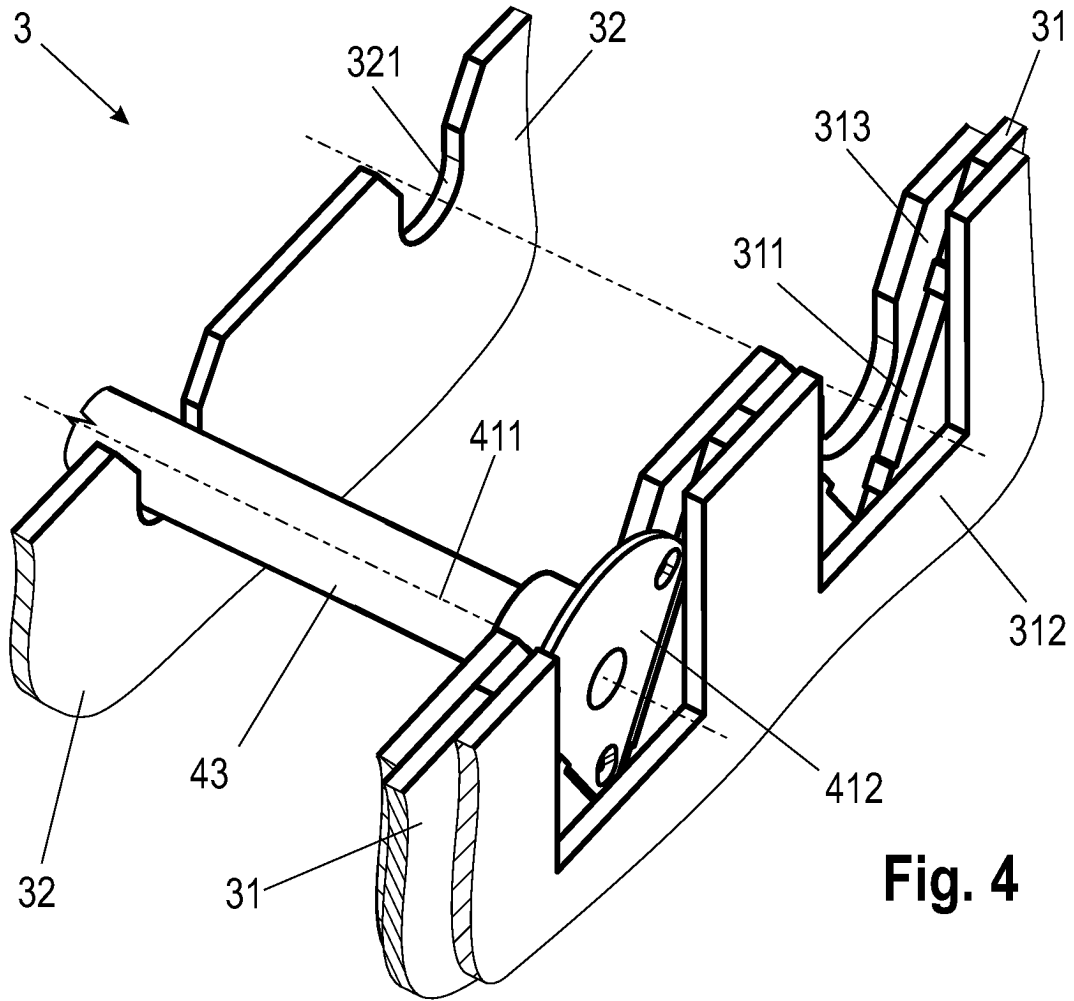
Fig. 1



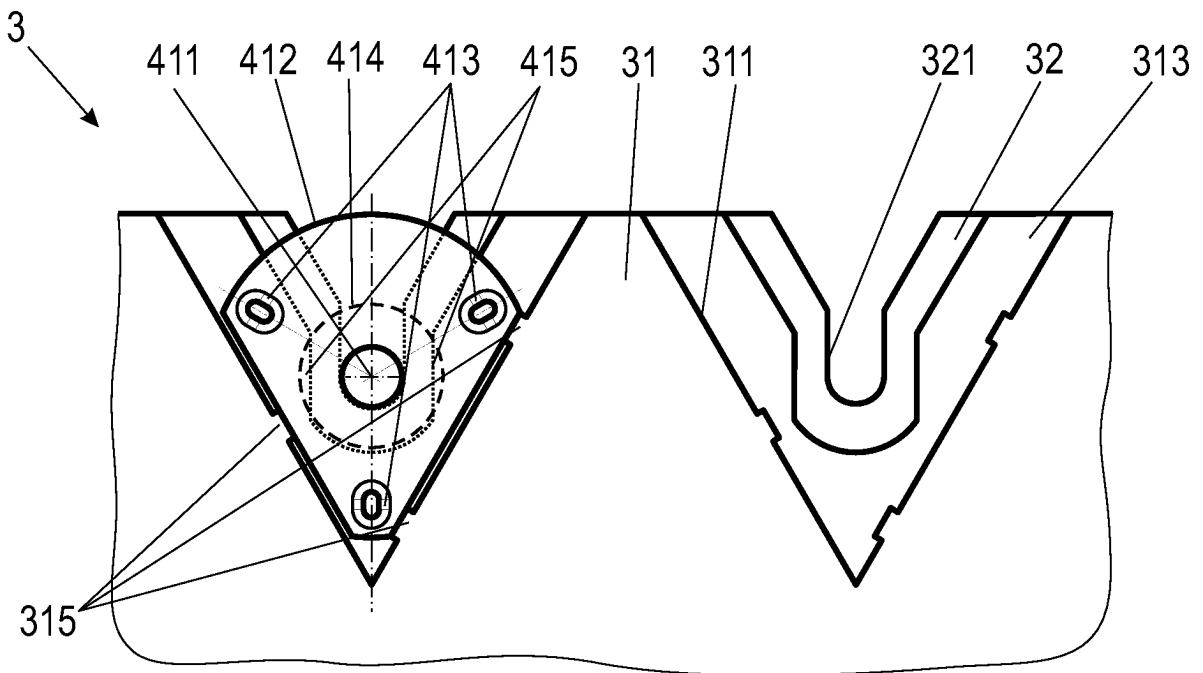
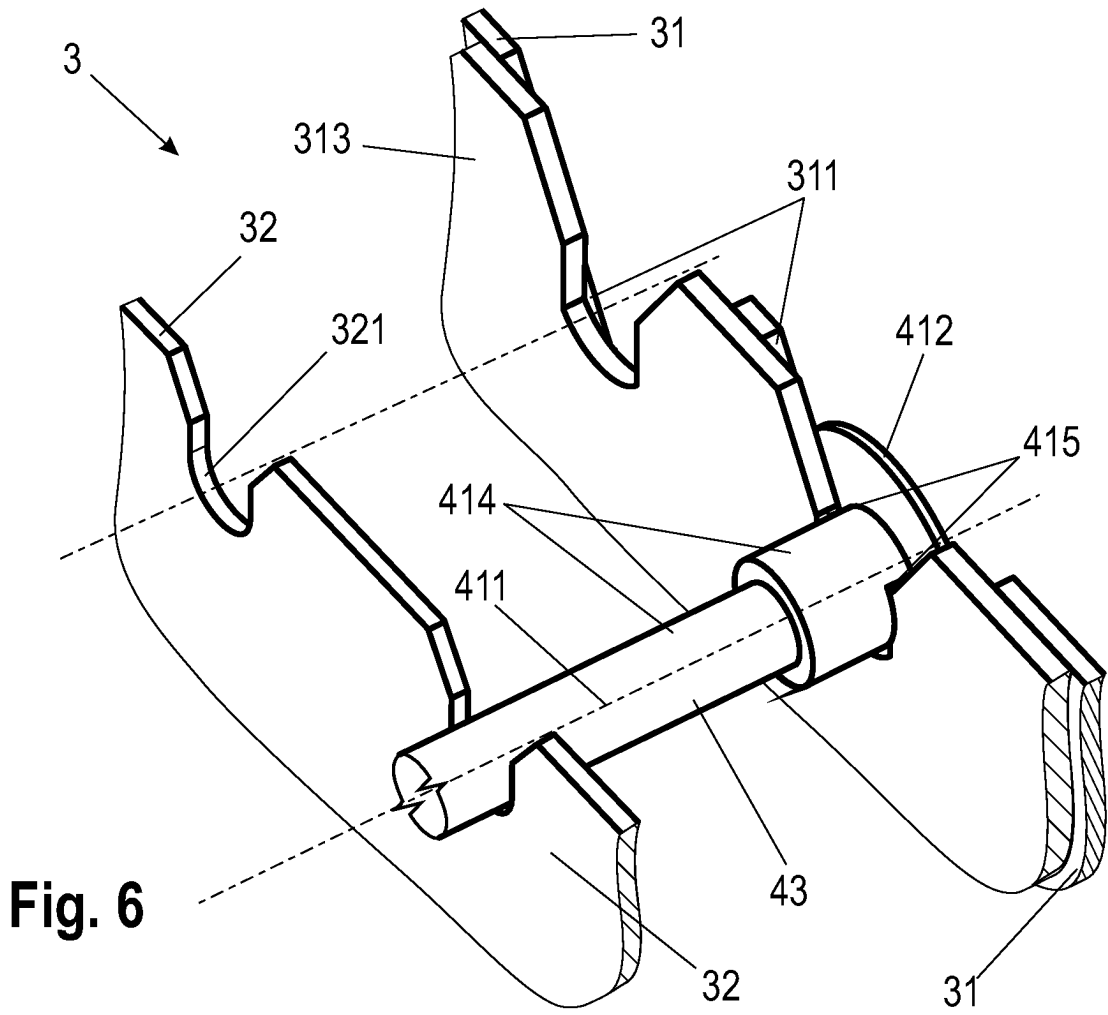
**Fig. 2**

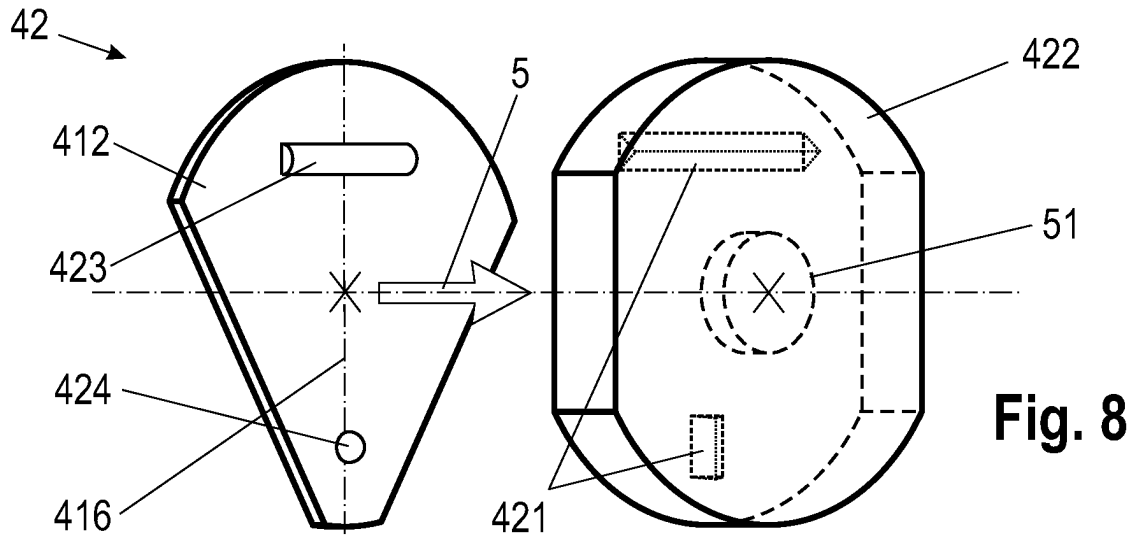


**Fig. 3**

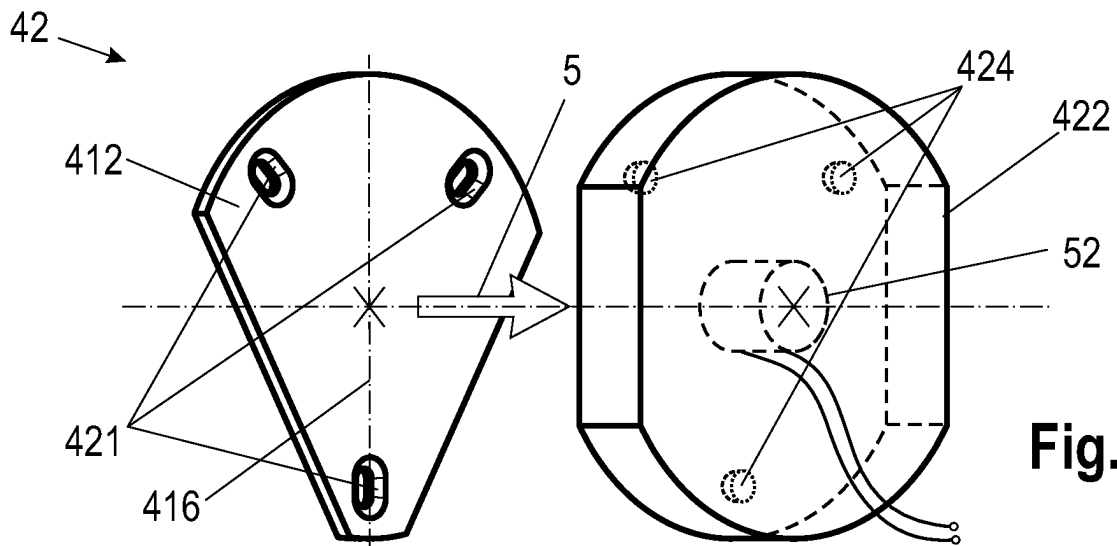




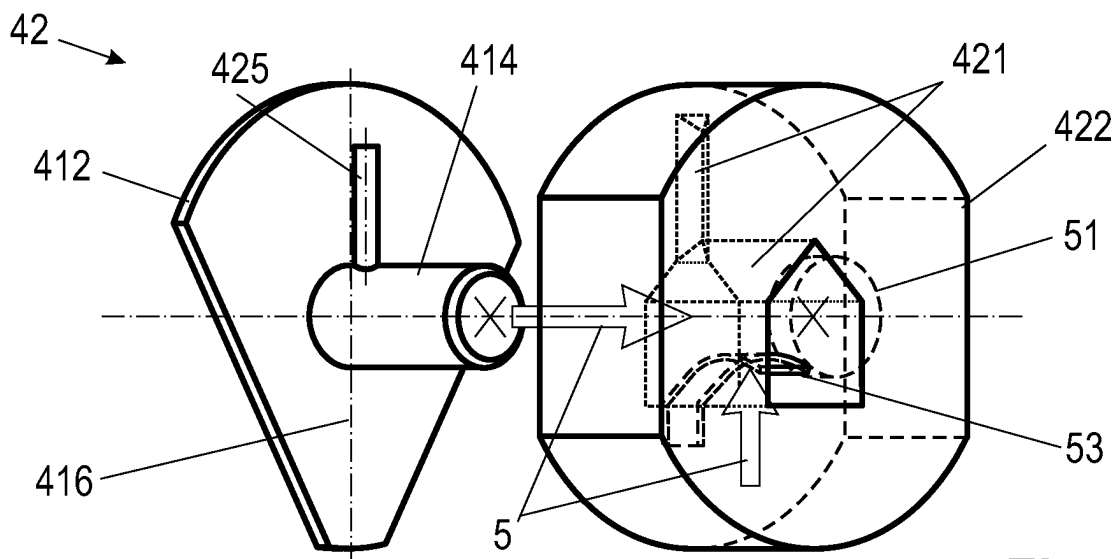




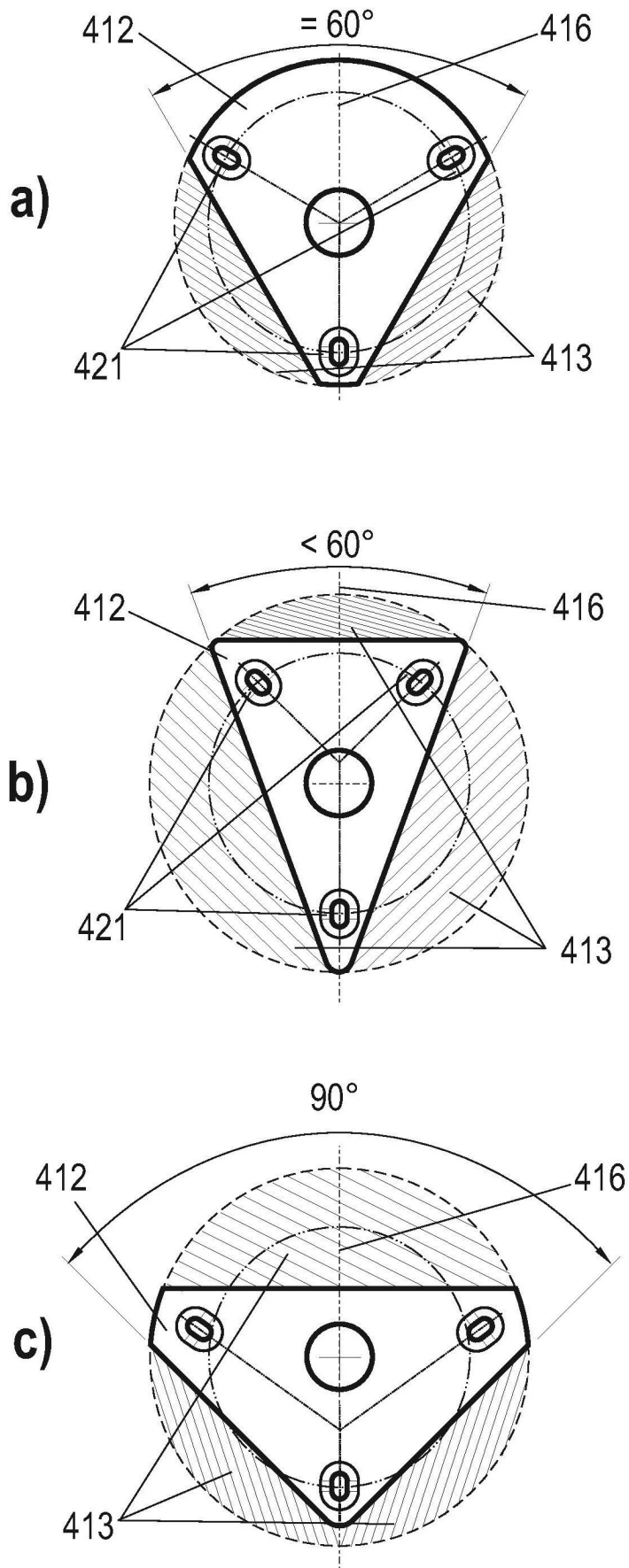
**Fig. 8**



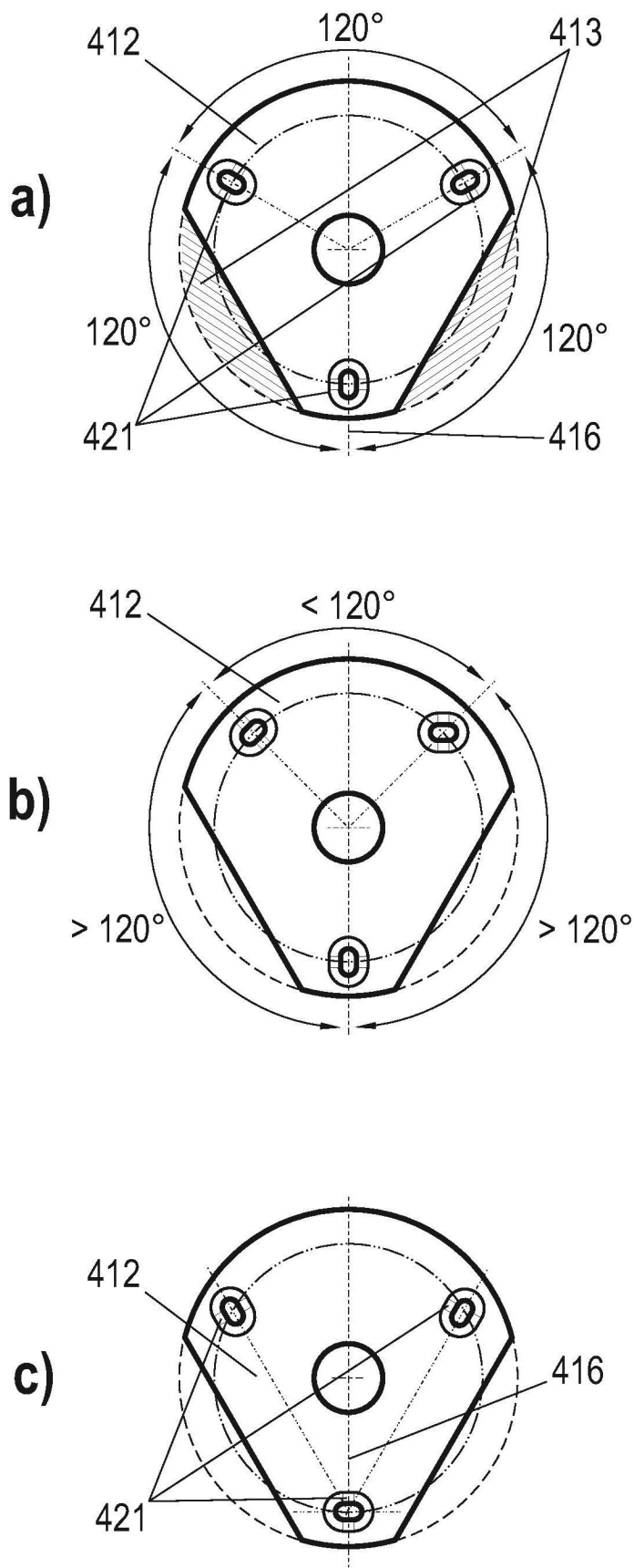
**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig. 11**



**Fig. 12**