



(10) **DE 10 2016 201 466 B3** 2017.04.27

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 201 466.8**  
(22) Anmeldetag: **01.02.2016**  
(43) Offenlegungstag: –  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **27.04.2017**

(51) Int Cl.: **G01B 21/04** (2006.01)  
**G01B 5/008** (2006.01)  
**G01B 11/03** (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:  
**Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH, 73447  
Oberkochen, DE**

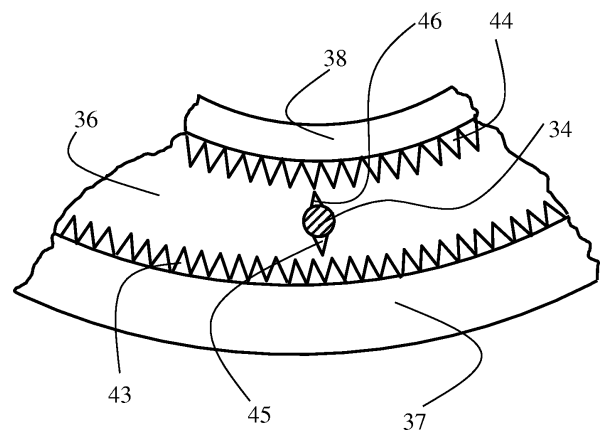
(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**siehe Folgeseiten**

(72) Erfinder:  
**Engel, Thomas, 73432 Aalen, DE**

(54) Bezeichnung: **Dreheinheit für ein Koordinatenmessgerät**

(57) Zusammenfassung: Dreheinheit für ein Koordinatenmessgerät zur Rotation eines Sensors (4, 5), die wenigstens ein Drehgelenk (14) mit folgenden Komponenten umfasst:

- ein erstes Gehäuseteil
- ein zweites Gehäuseteil
- ein Drehlager (16a, 16b) das die Gehäuseteile relativ zueinander drehbeweglich lagert.
- am ersten Gehäuseteil (57, 57a) ist ein erster Ring (37) mit ersten Rastelementen (45) am Innenumfang und ein zweiter Ring (38) mit zweiten Rastelementen (46) am Außenumfang vorgesehen
- am zweiten Gehäuseteil (56) ist eine Kinematik (50) mit zumindest einem ersten Gegenrastelement (45; 67) und gegebenenfalls zumindest einem zweiten Gegenrastelement (46) vorgesehen, die das erste Gegenrastelement in eine Einrastposition mit einem ersten Rastelement bringen kann, oder das erste und/oder das zweite Gegenrastelement in eine Einrastposition mit einem zweiten Rastelement bringen kann
- das erste Gegenrastelement ist relativ zu einem ggf. vorhandenen zweiten Gegenrastelement und/oder die ersten Rastelemente sind relativ zu den zweiten Rastelementen bezogen auf den Drehwinkel ( $\alpha$ ) des Drehgelenkes jeweils so versetzt zueinander angeordnet, so dass sich durch die Einrastpositionen des ersten Gegenrastelementes mit einem ersten Rastelement die Gehäuseteile in einer Vielzahl von ersten Drehstellungen ( $\alpha_1$ ) rasten lassen, und sich durch die Einrastpositionen des ersten Gegenrastelementes und/oder des zweiten Gegenrastelementes mit einem zweiten Rastelement die beiden Gehäuseteile in einer Vielzahl von zweiten Drehstellungen ( $\alpha_2$ ) rasten lassen und dass jede der ersten Drehstellungen ( $\alpha_1$ ) sich von jeder der zweiten Drehstellungen ( $\alpha_2$ ) unterscheidet.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>10 2009 048 581</b>	<b>B3</b>
<b>DE</b>	<b>10 2015 208 803</b>	<b>B3</b>
<b>DE</b>	<b>10 2005 063 242</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2008 038 599</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2010 006 505</b>	<b>A1</b>
<b>GB</b>	<b>2 335 274</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>2001 / 0 025 427</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2004 / 0 154 177</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2006 / 0 283 034</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>3 846 912</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>5 341 702</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>4 859 817</b>	<b>A</b>
<b>EP</b>	<b>0 523 906</b>	<b>A1</b>

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Dreheinheit für ein Koordinatenmessgerät mit wenigstens einem Drehgelenk, um hierdurch einen Sensor um eine Drehachse rotieren zu können, wobei dieses Drehgelenk folgendes umfasst:

- ein erstes Gehäuseteil, an dem ringförmig eine Vielzahl von Rastelementen angeordnet sind
- ein zweites Gehäuseteil, an dem wenigstens ein Gegenrastelement vorgesehen ist, das mit den Rastelementen zusammenwirkt
- ein Drehlager, über das das zweite Gehäuseteil und das erste Gehäuseteil relativ zueinander drehbeweglich gelagert sind.

**[0002]** Eine solche Dreheinheit ist aus dem Stand der Technik bereits hinlänglich bekannt. Beispielsweise zeigt die Druckschrift EP 0 523 906 A1 eine solche Dreheinheit für ein Koordinatenmessgerät mit einem Drehgelenk, um hierdurch einen Sensor um eine Drehachse rotieren zu können. Diese Dreheinheit umfasst hierbei ein erstes Gehäuseteil an dessen Stirnfläche ringförmig mit gleichmäßigem radialen Abstand zur Drehachse zylindrische Elemente als Rastelemente angeordnet sind. Außerdem weist die Dreheinheit ein zweites Gehäuseteil auf, an dem ein Sensor befestigt ist, wobei dieses zweite Gehäuseteil an einer Welle befestigt ist, die über ein Gleitlager rotierbar im ersten Gehäuseteil gelagert ist und die durch einen nicht näher beschriebenen Antrieb sowohl rotiert werden kann, wie auch in axialer Richtung verstellt werden kann. An der der Stirnseite des ersten Gehäuseteils gegenüberliegenden Seite des zweiten Gehäuseteils sind hierbei ebenfalls ringförmig im konstanten radialen Abstand Kugeln als Gegenrastelemente befestigt. Um nunmehr das zweite Gehäuseteil in unterschiedliche Drehstellungen zu bringen wird die besagte Welle durch den Antrieb in axialer Richtung bewegt, so dass die Gegenrastelemente am zweiten Bauteil aus den Rastelementen des ersten Gehäuseteils ausgerastet werden. Danach wird die Welle vom Antrieb um einen bestimmten Winkelbetrag rotiert und in der neuen Drehstellung wieder in der umgekehrten axialen Richtung bewegt, bis die Kugeln (Gegenrastelemente) in die entsprechenden Rastelemente (Zylinder) eingerastet sind.

**[0003]** Neben der Druckschrift EP 0 523 906 A1 gibt es eine Reihe weiterer Druckschriften, die ebenfalls Dreheinheiten für ein Koordinatenmessgerät der eingangs genannten Art beschreiben und die der Dreheinheit der EP 0 523 906 A1 sehr ähnlich sind. Die in diesen Druckschriften beschriebenen Dreheinheiten unterscheiden sich von der Dreheinheit der EP 0 523 906 A1 im Wesentlichen nur durch die Art der verwendeten Rast- und Gegenrastelemente und durch die Art des Antriebes, durch den die axiale Be-

wegung der Welle und die Rotation der Welle erzeugt wird.

**[0004]** Die Druckschrift DE 10 2010 006 505 A1 beispielsweise zeigt eine solche analog zur Druckschrift EP 0 523 906 A1 funktionierende Dreheinheit, wobei hierin sowohl als Rastelemente, wie auch als Gegenrastelemente Kugeln verwendet werden. Die Rotation eines Drehgelenkes dieser Dreheinheit erfolgt durch ein mit der Welle des Drehgelenkes verbundenes Reibrad, das bei einer vorzunehmenden Veränderung der Drehstellung des Drehgelenkes von der Bewegungsmechanik des Koordinatenmessgerätes an eine Antriebsstange gefahren wird und entlang der Antriebsstange bewegt wird. Die axiale Bewegung der Welle, um die Rast- und Gegenrastelemente von der gerasteten Position in die ausgerastete Position zu bringen, wird hierbei beim Anpressen des Reibrades an die Antriebsstange erreicht. Die axiale Rückbewegung in die gerastete Position wird durch eine vorgespannte Feder erreicht, die die Welle wieder axial zurückbewegt, sobald das Reibrad von der Antriebsstange entfernt wurde. Laut der Druckschrift können anstelle von Kugeln als Rast- und Gegenrastelementen (in der Druckschrift als Kugel-Kugel-Verzahnung bezeichnet) auch eine Hirth-Verzahnung oder eine Kugel-Rollen-Verzahnung verwendet werden.

**[0005]** Die Druckschriften DE 10 2008 038 599 A1 und DE 10 2009 048 581 B3 zeigen ebenfalls Dreheinheiten oben genannter Art, die vollkommen analog zur Druckschrift EP 0 523 906 A1 funktionieren. Als Rastelemente und auch als Gegenrastelemente werden hierbei die Zähne von jeweils einem Zahnkranz verwendet. Die axiale Bewegung der Welle des Drehgelenkes, um die Rast- und Gegenrastelemente zwischen der gerasteten und der ausgerasteten Position relativ zueinander zu bewegen, erfolgt hierbei durch einen Elektromagneten nebst ferromagnetischem Flussführungsteil einerseits und hiermit zusammenwirkenden Permanentmagneten andererseits. Die Rotationsbewegung des Drehgelenkes hingegen erfolgt über einen Motor. Der Motor ist nur dann mit der zu rotierenden Welle des Drehgelenkes gekoppelt, wenn die Rast- und Gegenrastelemente sich in der ausgerasteten Position befinden. Zur Kopplung zwischen Motor und Welle sind hierbei Kugelpaare vorgesehen, die mit zylindrischen Elementen zusammenwirken.

**[0006]** Die Druckschrift US 2001/0025427 A1 zeigt auch eine Dreheinheit oben genannter Art, die vollkommen analog zur Druckschrift EP 0 523 906 A1 funktioniert. Hierin werden sowohl als Rast-, wie auch als Gegenrastelemente die Zähne von jeweils einem Zahnkranz verwendet. Die axiale Bewegung der Welle des betreffenden Drehgelenkes, um die Rast- und Gegenrastelemente zwischen der gerasteten und der ausgerasteten Position relativ zueinander zu bewe-

gen, erfolgt hierbei über einen pneumatischen Zylinder. Für die Rotation der Welle des Drehgelenkes ist ein Elektromotor vorgesehen.

**[0007]** Die Druckschrift US 2004/0154177 A1 zeigt wiederum eine rein manuell betätigbare Dreheinheit oben genannter Art, die vollkommen analog zur Druckschrift EP 0 523 906 A1 funktioniert. Hierin werden als Rastelemente Kugeln verwendet und als Gegenrastelemente drei Zylinder verwendet. Die axiale Bewegung der Welle eines Drehgelenkes der Dreheinheit, um die Gegenrastelemente in die ausgerastete Position zu bewegen, erfolgt hierbei über manuell betätigbare Betätigungsknöpfe, die über ein mechanisches Getriebe die axiale Bewegung erzeugen. Die Rückbewegung erfolgt über eine vorgespannte Feder, die nach dem Loslassen der Betätigungsknöpfe die Rückbewegung erzeugt. Die Rotation der Welle des Drehgelenkes wird manuell vom Bediener vorgenommen.

**[0008]** Auch die Druckschrift US 2006/0283034 A1 zeigt in einer Ausführungsform eine Dreheinheit oben genannter Art, die vollkommen analog zur Druckschrift EP 0 523 906 A1 funktioniert. Hierin werden als Rastelemente Kugeln verwendet und als Gegenrastelemente drei Paare von Zylindern verwendet. Die Rotation der Welle eines Drehgelenkes der Dreheinheit wird wie folgt erzeugt. Zunächst wird die Welle desjenigen Drehgelenkes, an dem der Sensor befestigt ist (äußerste Drehgelenkwelle), von der Bewegungsmechanik des Koordinatenmessgerätes an einen ortsfest auf dem Messtisch des Koordinatenmessgerätes befestigten Halter angekoppelt. Danach wird die Dreheinheit von der Bewegungsmechanik des Koordinatenmessgerätes auf kreisförmigen Bahnen um den Halter herum bewegt, um hierdurch ein Drehmoment für zumindest eines der Drehgelenke der Dreheinheit zu erzeugen, das eine Rotation des betreffenden Drehgelenkes verursacht. Damit diese kreisförmigen Bewegungen um den Halter ausgeführt werden können, erfolgt die Ankopplung der äußersten Drehgelenkwelle am Halter so, dass Rotationen zwischen Halter und äußerster Drehgelenkwelle möglich sind. In einer Ausführungsform beispielsweise ist zur Kopplung am Halter eine Kugel befestigt, die von einer an der äußersten Drehgelenkwelle befestigten Kugelpfanne aufgenommen wird. Hinsichtlich der axialen Bewegung, um die Gegenrastelemente in die ausgerastete Position zu bewegen, gibt es hierbei zwei Ausführungsvarianten. In einer ersten Ausführungsvariante ist gar kein separater Antrieb für eine axiale Bewegung vorgesehen. Hierbei werden die Gegenrastelemente durch eine vorgespannte Feder auf die Rastelemente gedrückt. Wenn das Drehmoment zum Verdrehen eines Drehgelenkes der Dreheinheit überschritten wird, wird die Anpresskraft der Feder überwunden und das Drehgelenk wandert in die nächste durch Rast- und Gegenrastelemente vorgesehene Drehstellung.

**[0009]** In einer weiteren Variante ist zusätzlich zur Feder ein Tauchspulenantrieb vorgesehen, über den die axiale Bewegung der Welle und damit der Gegenrastelemente in die ausgerastete Position vorgenommen wird. Die Rückbewegung erfolgt über die besagte vorgespannte Feder, die nach dem Abschalten des Tauchspulenantriebs die Rückbewegung erzeugt.

**[0010]** Derartige Dreheinheiten sind aus dem Stand der Technik bekannt, wobei die betreffenden Drehgelenke häufig als rastende Drehgelenke bezeichnet werden. Der besondere Vorteil derartiger rastender Drehgelenke ist hierbei darin zu sehen, dass durch den Eingriff der Gegenrastelemente in die Rastelemente in den vordefinierten Drehstellungen reproduzierbar die Lage des zweiten Gehäuseteils relativ zum ersten Gehäuseteil bestimmt ist. Für eine Fehlerkorrektur der Dreheinheit wird die Dreheinheit für jede der möglichen Winkelstellungen einmal kalibriert, wobei die hierbei für jede Winkelstellung bestimmten Kalibrierdaten gespeichert und fortan zur Korrektur der jeweiligen Winkelstellung verwendet werden. Nachteilig an derartigen rastenden Drehgelenken ist allerdings, dass die jeweils erzielbaren Drehwinkel durch die Rastelemente und die Gegenrastelemente fest vorgegeben sind und der Wechsel von einer Drehwinkelstellung zur nächsten Drehwinkelstellung aus mechanischen Gründen mehrere Grad beträgt.

**[0011]** Es wurde daher in der Vergangenheit bereits der Versuch unternommen eine feinere Unterteilung der Winkelstellungen zu ermöglichen. Beispielsweise zeigt die Druckschrift GB 2 335 274 A ein Drehgelenk, mit dem feinere Drehwinkelstellungen möglich sind. Der Aufbau dieses Drehgelenkes ist hierbei relativ ähnlich zum Aufbau des Drehgelenkes gemäß EP 0 523 906 A1, wobei auch hierin ein zweites Gehäuseteil an einer Welle befestigt ist, welche drehbeweglich am ersten Gehäuseteil gelagert ist. Die Welle ist auch durch einen Antrieb sowohl um ihre Drehachse rotierbar, wie auch in Längsrichtung verstellbar. Außerdem sind auch hier an der Stirnseite des ersten Gehäuseteils eine Vielzahl von Rastelementen angeordnet und auf einer dieser Flächen gegenüberliegenden Fläche des zweiten Gehäuseteils entsprechende Gegenrastelemente angeordnet. Im Unterschied zur EP 0 523 906 A1 befindet sich zwischen dem ersten Gehäuseteil und dem zweiten Gehäuseteil noch ein drittes Gehäuseteil, das ebenfalls über eine Welle drehbeweglich am ersten Gehäuseteil gelagert ist und über einen Antrieb sowohl in axialer Richtung, wie auch hinsichtlich einer Rotation bewegt werden kann. Dieses dritte Gehäuseteil weist an seiner dem ersten Gehäuseteil zugewandten Seite Gegenrastelemente auf, die mit den Rastelementen am ersten Gehäuseteil zusammen wirken und an der dem zweiten Gehäuseteil zugewandten Seite Rastelemente auf, die mit den Gegenrastelementen am zweiten Gehäuseteil zusammen wirken. Damit können also die Gegenrastelemente am dritten Gehä-

seteil mit den Rastelementen am ersten Gehäuseteil in eine Vielzahl von unterschiedlichen Drehstellungen bewegt werden, wie auch die Gegenrastelemente am zweiten Gehäuseteil mit den Rastelementen am dritten Gehäuseteil in eine Vielzahl von Drehstellungen gerastet werden.

**[0012]** Die Rast- und Gegenrastelemente zwischen dem ersten und dritten Gehäuseteil, wie auch die Rast- und Gegenrastelemente zwischen dem dritten und dem zweiten Gehäuseteil, sind hierbei so versetzt angeordnet, dass hierdurch eine feinere Teilung erzielt werden kann, als dies alleine mit den Rast- und Gegenrastelementen zwischen dem ersten und dem dritten Gehäuseteil, wie auch alleine mit den Rast- und Gegenrastelementen zwischen dem dritten und dem zweiten Gehäuseteil möglich wäre.

**[0013]** Das betreffende Drehgelenk erfüllt seinen Zweck, feinere Drehwinkel zu erzielen. Allerdings ist das betreffende Drehgelenk bedingt durch das dritte Gehäuseteil relativ aufwendig. Zum einen müssen an dem dritten Gehäuseteil zusätzlich eine Vielzahl von Rastelementen und Gegenrastelementen befestigt werden. Des Weiteren muss für das dritte Gehäuseteil ein zusätzlicher, relativ aufwendiger Antrieb vorgesehen werden, mit dem das dritte Gehäuseteil zum einen in axialer Richtung seiner Welle bewegt werden kann und andererseits um seine Drehachse rotiert werden kann. Des Weiteren ist auch die drehbewegliche Lagerung des dritten Gehäuseteils relativ zum ersten Gehäuseteil und relativ zum zweiten Gehäuseteil durch entsprechende Drehlager einigermaßen aufwendig. Außerdem wird durch diese zusätzlichen Bauteile die Dreheinheit schwerer, was sich auf die Dynamik des Koordinatenmessgerätes auswirkt.

**[0014]** Eine zunehmende Anzahl von Trennstellen oder im Messkreis aneinander gekoppelter Komponenten reduziert die maximal erreichbare Steifigkeit der Dreheinheit. Dadurch wird die Genauigkeit der Dreheinheit reduziert, was wiederum nur bedingt rechnerisch korrigierbar ist.

**[0015]** Die nachveröffentlichte Druckschrift DE 10 2015 208 803 B3 zeigt eine Dreheinheit der eingangs genannten Art, bei der die Anzahl der Drehstellungen unter Vermeidung oben genannter Nachteile erhöht werden kann. Eines der Drehgelenke der Dreheinheit umfasst hierbei ebenfalls ein erstes Gehäuseteil, an dem ringförmig eine Vielzahl von Rastelementen (Zähne eines Zahnkranzes) angeordnet sind und ein relativ zum ersten Gehäuseteil verdrehbares zweites Gehäuseteil mit Gegenrastelementen (Zähne), die mit den Rastelementen zusammenwirken. Anders als in den vorgenannten Druckschriften wird in dieser Druckschrift nicht die Welle des Drehgelenkes in axialer Richtung bewegt, um die Gegenrastelemente von einer gerasteten Position in eine ausgerastete Position und zurück zu bringen.

Vielmehr sind stattdessen am zweiten Gehäuseteil zwei oder mehr Kinematiken vorgesehen, die zumindest ein hieran befestigtes Gegenrastelement zwischen einer ausgerasteten Position und einer gerasteten Position hin und her bewegen können. Zumindest zwei der Kinematiken sind mit dem jeweiligen Gegenrastelement bezogen auf den Drehwinkel des Drehgelenkes jeweils so versetzt zueinander angeordnet, so dass sich mit einem ersten Gegenrastelement der ersten Kinematik die beiden Gehäuseteile in einer Vielzahl von ersten Drehstellungen rasten lassen, und mit einem zweiten Gegenrastelement der zweiten Kinematik die beiden Gehäuseteile in einer Vielzahl von zweiten Drehstellungen rasten lassen, wobei sich jede der ersten Drehstellungen von jeder der zweiten Drehstellungen unterscheidet.

**[0016]** Die Druckschrift US 4,859,817 A zeigt einen taktilen schaltenden Sensor. Hierbei ist ein bewegliches Teil mit einem Taster vorgesehen, das relativ zu einem unbeweglichen Sensorgehäuse bewegt werden kann ist. Dazu ist eine Feder vorgesehen, die das bewegliche Teil mit vier hieran angebrachten Kugeln an insgesamt sechs Kontaktpunkten auf sechs entsprechend geneigte ebene Flächen aufpresst, die am unbeweglichen Sensorgehäuse befestigt sind. Zwei der Kugeln liegen jeweils mit zwei Kontaktpunkten auf zwei ebenen Flächen auf, die im Profil eine V-Form bilden. Die anderen beiden Kugeln liegen mit jeweils einem Kontaktpunkt auf einer gegen die horizontale geneigten ebenen Fläche auf. Hierdurch nehmen die hierauf aufliegenden vier Kugeln eine eindeutige Lage ein. Bei einer Antastung mit dem Taster werden eine oder mehrere der Kugeln des beweglichen Teils von zumindest einer der sechs Flächen entfernt. Die Kugeln und Flächen sind hierbei Bestandteil eines elektrischen Stromkreises, wobei durch das Entfernen wenigstens einer Kugel von einer Fläche der Stromkreis unterbrochen wird, wodurch eine Antastung festgestellt wird.

**[0017]** Die Druckschrift US 5,341,702 A zeigt unter anderem einen rastenden Drehtisch, der ein Bestandteil eines Systems zum Kalibrieren eines kontinuierlich verdrehbaren Drehtisches ist. Das Drehgelenk dieses rastenden Drehtisches ist hierbei wieder sehr ähnlich aufgebaut, wie dies im Zusammenhang mit dem Drehgelenk der Dreheinheit aus der Druckschrift EP 0 523 906 A1 oben detailliert dargestellt wurde. Zum Rasten seiner Drehstellungen weist dieser Drehtisch als Rastelemente und als Gegenrastelemente jeweils Zähne auf, die in Form von ringförmigen Hirth-Verzahnungen vorgesehen sind. Die axiale Bewegung der drehbeweglichen Welle des Drehgelenkes, um hierdurch die Gegenrastelemente zwischen der gerasteten und der ausgerasteten Position zu bewegen, erfolgt hierbei durch einen Motor, der die Welle anhebt oder absenkt. Die Rotationsbewegung der Welle des Drehgelenkes hingegen erfolgt über einen weiteren Motor.

**[0018]** Das Dokument US 3,846,912 A zeigt einen Mechanismus, mit dem Drehstellungen (beispielsweise bei Dreh-Schwenkgelenken) in sehr feinen Schritten von beispielsweise Winkelsekunden gerastet werden können. Hierzu werden in einem Ausführungsbeispiel vier Ringe vorgesehen, die über Zähne von Zahnkränzen als Rastelemente und Gegenrastelemente in einer Vielzahl von Winkelstellungen gerastet werden können. Die Rastelemente eines ersten Ringes und die zugeordneten Gegenrastelemente eines zweiten Ringes sind hierbei so vorgesehen, dass die Ringe in Winkelschritten von 1 Grad gerastet werden können. Die Rastelemente auf der gegenüberliegenden Seite des zweiten Ringes und die zugeordneten Gegenrastelemente eines dritten Ringes können in Winkelschritten von 1 Grad und 1 Winkelminute gerastet werden. Die Rastelemente auf der gegenüberliegenden Seite des dritten Ringes und die zugeordneten Gegenrastelemente eines vierten Ringes können in Winkelschritten von 1 Grad, 1 Winkelminute und 1 Winkelsekunde gerastet werden. Da eine Unterteilung von 360 Grad in Schritten von 1 Grad und 1 Winkelminute oder in Schritten von 1 Grad, 1 Winkelminute und 1 Winkelsekunde nicht möglich ist, sind die Rast- und Gegenrastelemente zwischen zweitem und drittem Ring und zwischen drittem und viertem Ring nicht als vollständige Zahnkränze realisiert. Durch entsprechende Veränderung der Winkelschritte zwischen erstem und zweitem Ring, zwischen zweitem und drittem Ring und zwischen drittem und viertem Ring können zwischen erstem und viertem Ring beliebige Winkelstellungen in Schritten von 1 Winkelsekunde realisiert werden.

**[0019]** Ein weiterer Ansatz zur Rastung eines ersten Gehäuseteils und eines demgegenüber drehbeweglich gelagerten zweiten Gehäuseteils ist in der Druckschrift DE 10 2005 063 242 A1 beschrieben. Hierin ist an einem ersten Gehäuseteil ein permanentmagnetischer Ring über eine Membran konzentrisch zur Drehachse des zweiten Gehäuseteils befestigt. Außerdem ist auf dem ersten Gehäuseteil des Weiteren versetzt in axialer Richtung ein Ring mit einem Elektromagneten vorgesehen. Durch den Elektromagneten kann der Permanentmagnet in axialer Richtung abgestoßen werden oder in axialer Richtung angezogen werden. Zum festklemmen des zweiten Gehäuseteils, das drehbeweglich gegenüber dem ersten Gehäuseteil gelagert ist, wird der Elektromagnet so bestromt, dass der Permanentmagnet in axialer Richtung abgestoßen wird und hierdurch an einem Ring aus ferromagnetischem Material anhaftet, der am zweiten Gehäuseteil befestigt ist. Durch die Anziehungskraft zwischen dem am ersten Gehäuseteil befestigten Permanentmagneten und dem am zweiten Gehäuseteil befestigten ferromagnetischen Teil entsteht eine reibschlüssige Verbindung, so dass hierdurch das zweite Gehäuseteil in der betreffenden Lage geklemmt ist. Um das zweite Gehäuseteil wieder frei zu geben, wird der Permanentmagnet sodann

so bestromt, dass der Ring mit dem Permanentmagneten vom Elektromagneten angezogen wird und hierdurch nicht mehr am ferromagnetischen Ring am zweiten Gehäuseteil anliegt, sondern wieder am elektromagnetischen Ring am ersten Gehäuseteil. Diese Kupplung ist zwar geeignet, um die beiden Gehäuseteile in beliebigen Drehstellungen zu klemmen. Allerdings ist hierdurch eine Klemmung in reproduzierbaren Winkelstellungen nicht möglich. Sofern eine hochgenaue Messung erforderlich ist, muss nach dem Wechsel der Winkelstellung für die neue Winkelstellung erneut eine Kalibrierung vorgenommen werden.

**[0020]** Ausgehend von dem eingangs beschriebenen Stand der Technik liegt der Erfindung daher die Aufgabe zugrunde, eine Dreheinheit der eingangs genannten Art vorzustellen, bei der auf möglichst einfache Weise die Anzahl an möglichen Winkelstellungen, in denen das Drehgelenk reproduzierbar gerastet werden kann, erhöht wird.

**[0021]** Die Aufgabe wird durch eine Dreheinheit gemäß sämtlichen Merkmalen des unabhängigen Anspruches 1 gelöst.

**[0022]** Die Besonderheit der erfindungsgemäßen Lösung ist hierbei darin zu sehen,

- dass am ersten Gehäuseteil ein erster Ring mit ersten Rastelementen am Innenumfang vorgesehen ist und ein zweiter Ring mit zweiten Rastelementen am Außenumfang vorgesehen ist,
- dass am zweiten Gehäuseteil zumindest eine Kinematik mit wenigstens einem ersten Gegenrastelement vorgesehen ist, das zumindest mit den ersten Rastelementen zusammenwirkt und gegebenenfalls wenigstens ein zweites Gegenrastelement vorgesehen ist, das nur mit den zweiten Rastelementen zusammenwirkt, wobei diese Kinematik eingerichtet ist dieses erste Gegenrastelement und das gegebenenfalls vorhandene zweite Gegenrastelement so zwischen den beiden Ringen hin und her zu bewegen, dass entweder das erste Gegenrastelement in eine Einrastposition mit zumindest einem ersten Rastelement des ersten Ringes gebracht ist, oder das erste Gegenrastelement und/oder das gegebenenfalls vorhandene zweite Gegenrastelement in eine Einrastposition mit zumindest einem zweiten Rastelement des zweiten Ringes gebracht ist oder das erste Gegenrastelement und das gegebenenfalls vorhandene zweite Gegenrastelement in eine Ausrastposition gebracht ist/sind
- dass das erste Gegenrastelement relativ zu dem gegebenenfalls vorhandenen zweiten Gegenrastelement und/oder die ersten Rastelemente relativ zu den zweiten Rastelementen bezogen auf den Drehwinkel des Drehgelenkes jeweils so versetzt zueinander angeordnet sind, so dass sich

durch die Einrastposition des ersten Gegenrastelementes mit zumindest einem ersten Rastelement des ersten Ringes die beiden Gehäuseteile in einer Vielzahl von ersten Drehstellungen rasten lassen, und sich durch die Einrastpositionen des ersten Gegenrastelementes und/oder des gegebenenfalls vorhandenen zweiten Gegenrastelementes mit zumindest einem zweiten Rastelement des zweiten Ringes die beiden Gehäuseteile in einer Vielzahl von zweiten Drehstellungen rasten lassen und dass jede der ersten Drehstellungen sich von jeder der zweiten Drehstellungen unterscheidet.

**[0023]** Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass der Begriff „wenigstens ein erstes Gegenrastelement“ in dem Sinne zu verstehen ist, dass auch mehrere erste Gegenrastelemente, wie beispielsweise mehrere Zähne, mehrere Zylinder oder mehrere Kugeln gemeint sein können. Entscheidend für dieses erste Gegenrastelement oder diese ersten Gegenrastelemente ist hierbei, dass diese Gegenrastelemente zumindest mit den ersten Rastelementen des ersten Ringes zusammenwirken.

**[0024]** Der Begriff „gegebenenfalls wenigstens ein zweites Gegenrastelement“ soll bedeuten, dass ein solches zweites Gegenrastelement nicht zwingend vorgesehen sein muss. Tatsächlich gibt es Ausführungsformen, bei denen das erste Gegenrastelement (oder mehrere erste Gegenrastelemente) auch mit den zweiten Rastelementen des zweiten Ringes zusammenwirken kann, sodass ein zweites Gegenrastelement überhaupt nicht erforderlich ist. Sofern ein solches zweites Gegenrastelement allerdings vorgesehen ist, können aber auch mehrere zweite Gegenrastelemente, wie beispielsweise mehrere Zähne, mehrere Zylinder oder mehrere Kugeln gemeint sein. Entscheidend für ein zweites Gegenrastelement (oder für mehrere zweite Gegenrastelemente) ist hierbei, dass dieses nur mit den zweiten Rastelementen des zweiten Ringes zusammenwirkt.

**[0025]** Genauso bedeutet der Ausdruck dass ein „Gegenrastelement in eine Einrastposition mit zumindest einem ... Rastelement“ gebracht ist, dass natürlich auch hier die Bezeichnung „zumindest einem ... Rastelement“ bedeutet, dass wenigstens ein Rastelement gemeint ist. Dies kann beispielsweise realisiert werden, wenn als Gegenrastelemente zwei nebeneinanderliegende Zylinder verwendet werden, die mit einer der Kugeln als Rastelement zusammenwirken. Genauso können als Gegenrastelemente zwei nebeneinanderliegende Kugeln verwendet werden, die mit einem der Zylinder als Rastelement zusammenwirken.

**[0026]** Neben der eben beschriebenen Kinematik, die im weiteren als „erste Kinematik“ bezeichnet wird, kann am zweiten Gehäuseteil zumindest eine weitere

Kinematik mit wenigstens einem ersten Gegenrastelement und gegebenenfalls wenigstens einem zweiten Gegenrastelement vorgesehen sein, die genauso arbeitet, wie die erste Kinematik. Es können neben der besagten ersten Kinematik aber auch mehrere weitere Kinematiken mit jeweils wenigstens einem ersten Gegenrastelement und gegebenenfalls wenigstens einem zweiten Gegenrastelement vorgesehen sein, die genauso arbeiten, wie die erste Kinematik.

**[0027]** Zumindest eine weitere Kinematik kann relativ zur ersten Kinematik so versetzt angeordnet sein, dass alle ersten Drehstellungen und auch alle zweiten Drehstellungen, die sich mit der ersten Kinematik rasten lassen sich von allen ersten Drehstellungen und allen zweiten Drehstellungen unterscheiden, die sich mit dieser weiteren Kinematik rasten lassen. Durch diese Maßnahme wird erneut die Anzahl der möglichen zu rastenden Drehstellungen verdoppelt. Natürlich lässt sich das Prinzip durch weitere Kinematiken fortsetzen, sodass gegenüber einer Dreheinheit mit nur einer Kinematik die Drehstellungen auch verdreifacht, vervierfacht etc. werden können.

**[0028]** Des Weiteren kann zumindest eine weitere Kinematik oder auch mehrere weitere Kinematiken relativ zur ersten Kinematik so versetzt angeordnet sein, dass alle ersten Drehstellungen und auch alle zweiten Drehstellungen, die sich mit der ersten Kinematik rasten lassen allen ersten Drehstellungen und allen zweiten Drehstellungen entsprechen, die sich mit dieser einen weiteren Kinematik oder diesen mehreren weiteren Kinematiken rasten lassen. Hierdurch kann erreicht werden, dass die jeweils gerastete Drehstellung durch zwei oder mehr Kinematiken gerastet wird. Hierdurch kann beispielsweise erreicht werden, dass die Rastung an mehreren Stellen erfolgt, was eine bessere Verteilung der durch die Kinematiken in das andere Gehäuseteil eingeleiteten Kräfte ermöglicht. Natürlich lässt sich auch dieses Prinzip anwenden, soweit nach dem vorhergehenden Absatz zusätzliche Kinematiken eingesetzt werden, um gegenüber der Lösung mit nur einer einzigen Kinematik die Anzahl der Drehstellungen erneut zu verdoppeln, verdreifachen, vervierfachen etc..

**[0029]** Die erfindungsgemäße Dreheinheit weist insbesondere gegenüber der Lösung der Druckschrift GB 2 335 274 A, mit der bereits ebenfalls eine sehr feine Winkelunterteilung der reproduzierbar einrastenden Winkelstellung möglich ist, erhebliche Vorteile auf. So kann bei der erfindungsgemäßen Lösung auf das dritte Gehäuseteil und alle im Zusammenhang hiermit stehenden Bauteile vollständig verzichtet werden. Neben dem dritten Gehäuseteil selber entfällt dann also auch die Lagerung, durch die das dritte Gehäuseteil sowohl gegenüber dem ersten Gehäuseteil, wie auch gegenüber dem zweiten Gehäuseteil sowohl in axialer Richtung, wie auch hinsichtlich Ro-

tation beweglich gelagert ist. Ferner entfällt der für die jeweiligen Bewegungen erforderliche Antrieb. Außerdem reduziert sich das Gewicht der Dreheinheit, was sich positiv auf die Dynamik des Koordinatenmessgerätes auswirkt.

**[0030]** Vorzugsweise ist der größte Außendurchmesser des zweiten Rings geringer ist als der geringste Innendurchmesser des ersten Ringes. Der zweite Ring befindet sich außerdem vorteilhaft innerhalb des ersten Ringes. Obwohl es sich hierbei um vorteilhafte Ausgestaltungen der Ringe handelt, gibt es aber auch mögliche Ausführungsformen, bei denen dies nicht so ist.

**[0031]** Gleichfalls kann der Innenumfang des ersten Ringes mit den ersten Rastelementen und/oder der Außenumfang des zweiten Ringes mit den zweiten Rastelementen auch gegenüber der Symmetrieachse des jeweiligen Ringes geneigt sein. Der Neigungswinkel  $\beta$  kann  $0 < \beta < 90^\circ$  zur Symmetrieachse des jeweiligen Ringes betragen.

**[0032]** Hinsichtlich der Dreheinheit, in der das erfindungsgemäße Drehgelenk angeordnet ist, kann es sich hierbei um eine Vielzahl von unterschiedlichen Varianten handeln. Es kann sich hierbei um eine Dreheinheit handeln, die genau ein Drehgelenk aufweist, über das der Sensor um eine Drehachse rotiert werden kann. Es kann sich genauso aber auch um eine sogenannte Dreh-Schwenkeinheit handeln, die zwei Drehgelenke aufweist, deren Drehachsen senkrecht aufeinander stehen. Die Dreheinheit kann aber auch drei Drehgelenke aufweisen, beispielsweise wenn entsprechende Sensoren, wie beispielsweise Linien-Triangulationssensoren zum Einsatz kommen.

**[0033]** Die Dreheinheit wird hierbei mit ihrem einen Ende üblicherweise an dem Ende eines Messarms des Koordinatenmessgerätes montiert. Der Messarm ist hierbei üblicherweise Bestandteil einer Mechanik, über die der Sensor relativ zu einem zu vermessenden Werkstück in den drei Koordinatenrichtungen bewegt werden kann. Am anderen Ende der Dreheinheit ist hierbei der Sensor befestigt, wobei die Befestigung üblicherweise über eine Wechselschnittstelle erfolgt, die eine automatische Befestigung des Sensors an der Dreheinheit ermöglicht.

**[0034]** Hinsichtlich des ersten Geäuseteils und des zweiten Geäuseteils ist auszuführen, dass es sich hierbei um zwei an und für sich beliebig geformte Bauelemente des Drehgelenkes handelt, die relativ zueinander drehbeweglich gelagert sind. Ob sich das erste Geäuseteil relativ zum zweiten Geäuseteil dreht, oder das zweite Geäuseteil relativ zum ersten Geäuseteil dreht, ist vollkommen unerheblich.

**[0035]** Als Rastelemente und als Gegenrastelement/Gegenrastelemente können hierbei völlig unterschiedliche Elemente verwendet werden, die aus dem Stand der Technik bereits hinreichend bekannt sind. Beispielsweise kann es sich bei einem Rastelement um eine Kugel handeln und bei einem Gegenrastelement um einen Zylinder handeln. Dabei kann ein Gegenrastelement (ein Zylinder) jeweils mit zwei nebeneinanderliegenden Rastelementen (also zwei nebeneinander liegende Kugeln) zusammenwirken. Es können aber auch zwei nebeneinanderliegende Gegenrastelemente (zwei nebeneinanderliegende Zylinder) jeweils mit einem Rastelement (einer Kugel) zusammenwirken. Umgekehrt kann natürlich auch vollkommen analog ein Zylinder als Rastelement dienen und eine Kugel als Gegenrastelement dienen. Genauso kann es sich bei einem Rastelement um einen Zahn handeln während das Gegenrastelement ebenfalls ein Zahn ist. Das Gegenrastelement (ein Zahn) rastet in diesem Falle zwischen zwei Gegenrastelementen (zwei nebeneinanderliegende Zähne) ein. Die Rastelemente und/oder die Gegenrastelemente können hierbei insbesondere die Zähne einer Verzahnung sein. Natürlich können anstelle eines einzelnen Gegenrastelementes (ein einzelner Zahn) auch mehrerer nebeneinanderliegende Gegenrastelemente (mehrere nebeneinanderliegende Zähne) verwendet werden.

**[0036]** Auch die besagte Kinematik mit dem zumindest einen ersten Gegenrastelement, die am zweiten Geäuseteil angeordnet ist und die eingerichtet ist das erste Gegenrastelement und das gegebenenfalls vorhandene zweite Gegenrastelement so zwischen den beiden Ringen hin und her zu bewegen, dass entweder das erste Gegenrastelement in eine Einrastposition mit zumindest einem Rastelement des ersten Ringes gebracht ist, oder das erste Gegenrastelement und/oder das gegebenenfalls vorhandene zweite Gegenrastelement in eine Einrastposition mit zumindest einem Rastelement des zweiten Ringes gebracht ist oder das erste Gegenrastelement und das gegebenenfalls vorhandene zweite Gegenrastelement in eine Ausrastposition gebracht ist/sind, kann völlig unterschiedlich aussehen. So umfasst die betreffende Kinematik neben dem ersten Gegenrastelement (oder mehreren ersten Gegenrastelementen) und dem gegebenenfalls vorhandenen zweiten Gegenrastelement (oder mehreren zweiten Gegenrastelementen) in jedem Fall einen Antrieb, über den das erste Gegenrastelement (oder die mehreren ersten Gegenrastelemente) und das gegebenenfalls vorhandene zweite Gegenrastelement (oder die mehreren zweiten Gegenrastelemente) bewegt werden kann/können. Als Antrieb kann hierbei beispielsweise ein pneumatischer Antrieb, ein elektromagnetischer Antrieb (zum Beispiel Tauchspulen-Antrieb) oder ein Piezo-Antrieb vorgesehen sein. Neben dem besagten Antrieb und dem ersten Gegenrastelement (oder den mehreren ersten Gegenrastelementen) und dem



gegebenenfalls vorhandenen zweiten Gegenrastelement (oder den mehreren zweiten Gegenrastelementen) kann die Kinematik außerdem zur Bewegung des ersten Gegenrastelementes (oder der mehreren ersten Gegenrastelemente) und des gegebenenfalls vorhandenen zweiten Gegenrastelementes (oder der mehreren zweiten Gegenrastelemente) eine Führung aufweisen. Als Führung könnte beispielsweise ein Federparallelogramm vorgesehen sein, mit dem eine Linearführung realisiert wird oder ein Federgelenk vorgesehen sein, das eine Rotation ermöglicht.

**[0037]** Als Drehlager kommen prinzipiell eine große Variationsbreite an Drehlagern in Betracht. Es können beispielsweise Gleitlager, Luftlager, Kugellager oder Walzenlager verwendet werden. Um eine besonders hohe Steifigkeit des Drehlagers und damit eine hohe Reproduzierbarkeit der jeweiligen Winkelstellung zu erreichen, können als Drehlager Schrägkugellager oder Schrägwalzenlager vorgesehen sein.

**[0038]** Insbesondere wenn die Dreheinheit als Dreh-Schwenkeinheit ausgebildet ist, die zumindest zwei Drehgelenke aufweist, deren Drehachsen senkrecht aufeinander stehen, können als Schrägkugellager oder als Schrägwalzenlager ausgestattete Drehlager besonders vorteilhaft eingesetzt werden. Wenn zumindest ein erstes der beiden Drehgelenke als Drehlager Schrägkugellager oder Schrägwalzenlager aufweist, so ist durch jedes der Schrägkugellager oder Schrägwalzenlager dieses Drehgelenkes auf der Drehachse des Drehgelenkes jeweils ein Einspannpunkt definiert. Vorteilhaft sollte hierbei der Einspannpunkt von einem der beiden Schrägkugellager oder Schrägwalzenlager genau auf der Drehachse des zweiten Drehgelenkes liegen. Hierdurch können die mechanischen Fehler der Dreh-Schwenkeinheit weiter minimiert werden.

**[0039]** Ein besonders vorteilhafter Aufbau ergibt sich, wenn das zweite Drehgelenk Kugellager oder Walzenlager, insbesondere Schrägkugellager oder Schrägwalzenlager aufweist, wobei der Abstand dieser Kugellager oder Walzenlager von einem besagten Einspannpunkt des ersten Drehgelenkes jeweils gleich groß ist.

**[0040]** Die besagte Dreheinheit kann hierbei prinzipiell so ausgestaltet sein, dass sowohl die Kinematik zur Bewegung des ersten Gegenrastelementes (oder der mehreren ersten Gegenrastelemente) und des gegebenenfalls vorhandenen zweiten Gegenrastelementes (oder der mehreren zweiten Gegenrastelemente), wie auch die Rotation des ersten Gehäuseteils relativ zum zweiten Gehäuseteil rein manuell durch den Bediener des Koordinatenmessgerätes angetrieben wird. Vorteilhaft wird man jedoch die Dreheinheit mit Antrieben ausrüsten, durch die das Drehgelenk automatisiert durch die Steuerung des Koordinatenmessgerätes von einer gerasteten Win-

kelstellung in eine andere gerastete Winkelstellung gebracht wird. Hierzu umfasst die Dreheinheit vorteilhaft dann zusätzlich:

- einen Drehantrieb, mit dem die Drehung der beiden Gehäuseteile relativ zueinander angetrieben wird
- einen Winkelgeber, der abhängig vom jeweiligen Drehwinkel zwischen dem ersten Gehäuseteil und dem zweiten Gehäuseteil die jeweilige Winkelstellung liefert.

**[0041]** In diesem Falle umfasst die Dreheinheit vorzugsweise noch ein Steuerungsmodul mit einem oder mehreren Mikroprozessoren, die dazu eingerichtet sind, die Kinematiken anzusteuern und/oder den Drehantrieb anzusteuern und/oder den Winkelgeber auszulesen. Das Steuerungsmodul kann hierbei beispielsweise in Form einer Karte vorgesehen sein, die beispielsweise in der Dreheinheit selber angeordnet ist und beispielsweise über einen Bus mit der Steuerung des Koordinatenmessgerätes kommunizieren kann. Alternativ kann die Karte aber auch so ausgestaltet sein, dass diese beispielsweise in einem PCI-Steckplatz der Steuerung eingesteckt werden kann und über eine Datenverbindung in Form einer leitenden und/oder optischen Verbindung mit der Dreheinheit kommuniziert.

**[0042]** Weitere Vorteile und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der Figuren. Hierin zeigen:

**[0043]** Fig. 1: ein Koordinatenmessgerät **19** an dem eine erfindungsgemäße Dreheinheit **8** befestigt ist, über die ein Sensor **4** um zwei senkrecht aufeinander stehende Drehachsen rotiert werden kann

**[0044]** Fig. 2: die Dreheinheit **8** aus Fig. 1 in vergrößerter Darstellung

**[0045]** Fig. 3: eine Prinzipdarstellung eines Drehgelenkes **14** aus der Dreheinheit **8** gemäß Fig. 2

**[0046]** Fig. 4: eine ausschnittsweise Prinzipdarstellung eines Schnittes des Drehgelenkes **14** nach Fig. 3 entlang der Schnittlinie IV-IV

**[0047]** Fig. 5: eine Darstellung ähnlich wie in Fig. 4 in einer gegenüber Fig. 4 geänderten Ausführungsform, wobei das erste Gegenrastelement (Zahn **45**) und das zweite Gegenrastelement (Zahn **46**) anders als in der Ausführungsform nach Fig. 4 versetzt zueinander angeordnet sind

**[0048]** Fig. 6: eine Darstellung, ähnlich wie in Fig. 4, in einer gegenüber Fig. 4 geänderten Ausführungsform, wobei als Gegenrastelement nur ein einziger ein Zylinder **67** verwendet wird und als Rastelemente Kugeln **68** und **69** verwendet werden

**[0049]** Fig. 7: eine Darstellung, ähnlich wie in Fig. 4, in einer gegenüber Fig. 4 erneut geänderten Ausführungsform, wobei gegenüber der Ausführungsform nach Fig. 4 zusätzlich eine weitere Kinematik **64** vorgesehen ist um hierüber die Anzahl der möglichen Rastungen gegenüber den Ausführungsbeispielen nach Fig. 3 bis Fig. 5 nochmals zu verdoppeln

**[0050]** Fig. 8: eine Darstellung, ähnlich wie in Fig. 4, in einer gegenüber Fig. 4 erneut geänderten Ausführungsform, wobei gegenüber der Ausführungsform nach Fig. 4 zusätzlich eine weitere Kinematik **42** vorgesehen ist, wobei diese Kinematik **42** Rastungen in denselben Drehwinkelstellungen vornehmen kann, wie die Kinematik **50**

**[0051]** Fig. 9: eine Prinzipdarstellung einer gegenüber Fig. 3 alternativen Kinematik **51** mit einem Federparallelogramm (vier Festkörpergelenke **28a-d**) als Führung

**[0052]** Fig. 10: eine Prinzipdarstellung einer gegenüber Fig. 3 und Fig. 9 erneut veränderten Kinematik **52** mit einem Piezoaktuator **53** als Antrieb

**[0053]** Fig. 11 und Fig. 12: Prinzipdarstellungen zur Erläuterung der Vorteile von Schrägkugellagern **16a**, **16b** gegenüber normalen Kugellagern **39a**, **39b**

**[0054]** Fig. 13: Erläuterungsskizze zur Demonstration einer besonders vorteilhaften Anordnung von Schrägkugellagern in einer Dreheinheit, die wenigstens zwei Drehgelenke **14**, **15** aufweist

**[0055]** Fig. 1 zeigt rein beispielhaft ein Koordinatenmessgerät **19** mit einer erfindungsgemäßen Dreheinheit **8** in Form eines Dreh-Schwenkgelenkes. Das hier rein beispielhaft dargestellte Koordinatenmessgerät **19** ist hierbei in sogenannter Portalbauweise ausgeführt, wobei entlang von zwei parallelen Führungen im Bereich des Messtisches **1** ein erster Messschlitten **2** in Form eines Portals beweglich geführt ist. Zur Messung der Position des Portals ist ein Maßstab **9** mit einem entsprechenden Ablesesensor vorgesehen, der hier nicht näher dargestellt ist. Außerdem ist ein Antrieb vorgesehen, der den ersten Messschlitten **2** in der mit dem Pfeil **y** bezeichneten Richtung entlang der Führung verfahren kann. Entlang der den Messtisch **1** horizontal überspannenden Traverse des portalförmigen ersten Messschlittens **2**, ist ein zweiter Messschlitten **20** (oft als **x**-Schlitten bezeichnet) beweglich geführt, wobei dieser zur Positionsmessung in der mit dem Pfeil **x** bezeichneten Richtung einen Maßstab **10** mit zugehörigem Ablesesensor aufweist. Über einen zweiten Antrieb kann der zweite Messschlitten **20** in der mit dem Pfeil **x** bezeichneten Richtung bewegt werden. An dem zweiten Messschlitten **20** wiederum ist ein dritter Messschlitten **3** (oftmals als Pinole bezeichnet) beweglich

geführt, wobei die Position des Messschlittens **3** in der mit dem Pfeil **z** bezeichneten Richtung über einen Maßstab **11** mit zugehörigem Ablesesensor ermittelt werden kann und ebenfalls ein Antrieb vorgesehen ist, um den dritten Messschlitten **3** in der dritten Koordinatenrichtung **z** zu bewegen. Am unteren Ende des dritten Messschlittens **3** ist die besagte Dreheinheit **8** in Form eines Dreh-Schwenkgelenkes befestigt, über die ein hieran befestigter taktile Sensor **4** mit seinem Taster **5** um zwei senkrecht aufeinander stehende Drehachsen rotiert werden kann, wie dies ausführlich im Zusammenhang mit Fig. 2 erläutert ist. Auf dem Messtisch **1** ist hierbei ein Werkstück **6** angeordnet, das durch Bewegung der drei Messschlitten **2**, **20**, **3** vom taktilen Sensor **4** abgetastet wird, wobei aus den Signalen des Sensors **4** und aus den Maßstabpositionen der Maßstäbe **9**, **10**, **11** Messwerte auf der Oberfläche des zu vermessenden Werkstückes **6** ermittelt werden. Der Regler für die Regelung der Antriebe der Messschlitten **2**, **20**, **3** befindet sich in der Steuerung **7**. Außerdem werden von der Steuerung **7** auch die Maßstabswerte der Maßstäbe **9**, **10**, **11** ausgelesen, sowie die Signale des Sensors **4**. Mit der Steuerung **7** verbunden ist weiterhin ein Messrechner **17**. Der Messrechner **17** dient hierbei dazu, einen Messablauf zu erstellen und die zur Ausführung des Messablaufes notwendigen Informationen an die Steuerung **7** zu übergeben. Die Steuerung **7** führt den Messablauf dann durch. Die Steuerung **7** wiederum liefert dann unter anderem die ermittelten Messwerte des Werkstückes **6** an den Messrechner **17** zurück, wo die rückgelieferten Werte dann vom Messrechner **17** ausgewertet werden. Mit dem Bezugszeichen **13** ist weiterhin ein Bedienpult bezeichnet, das mit der Steuerung **7** verbunden ist, wobei hierüber die Antriebe des Koordinatenmessgerätes **19** manuell verstellt werden können.

**[0056]** Fig. 2 zeigt die in Fig. 1 bereits dargestellte Dreheinheit **8** in deutlich vergrößerter Darstellung. Wie man aus Fig. 2 ersehen kann, ist das obere Ende der Dreheinheit **8** am unteren Ende der vertikal ausgerichteten Pinole **3** befestigt, von der hier nur ein relativ kurzes Endstück zu sehen ist. Die Dreheinheit **8** ist hierbei als sogenannte Dreh-Schwenkeinheit ausgebildet, die zwei Drehgelenke **14**, **15** aufweist, deren Drehachsen **A** und **B** senkrecht aufeinander stehen. Das erste Drehgelenk **14** umfasst hierbei ein Gehäuseeteil **56** und ein Gehäuseeteil **57**, das gegenüber dem Gehäuseeteil **56** rotiert werden kann. Das Gehäuseeteil **56** wird hierbei als zweites Gehäuseeteil bezeichnet, während das Gehäuseeteil **57** (gemeinsam mit der erst in Fig. 3 sichtbaren Welle **57a**) als erstes Gehäuseeteil bezeichnet wird. Selbstverständlich ist die Bezeichnung völlig willkürlich. Außerdem weist die Dreheinheit **8** ein zweites Drehgelenk **15** auf, bei dem ein drittes Gehäuseeteil **58** relativ zum ersten Gehäuseeteil **57** um eine zweite Drehachse **B** rotiert werden kann. An dem dritten Gehäuseeteil **58** ist über eine Wechselschnittstelle ein Wechselteller **59** auswechselbar be-

festigt, wobei am Wechselteller **59** wiederum ein taktiler Sensor **4** mit einem hieran befestigten Taster **5** befestigt ist. Durch das erste Drehgelenk **14** kann der Sensor **4** mit dem hieran befestigten Taster **5** damit also um die vertikal ausgerichtete Drehachse A rotiert werden, während der Sensor **4** mit dem hieran befestigten Taster **5** durch das zweite Drehgelenk **15** um die senkrecht hierzu stehende und damit horizontal ausgerichtete Drehachse B rotiert werden kann.

**[0057]** Anhand von **Fig. 3** soll nunmehr das in **Fig. 2** mit dem Bezugszeichen **14** bezeichnete Drehgelenk im Detail erläutert werden, mit dem der Sensor **4** um die Drehachse A rotiert werden kann. **Fig. 3** zeigt hierbei das betreffende Drehgelenk **14** aus **Fig. 2** in einer ausschnittswisen Schnittdarstellung wobei das Drehgelenk **14** gegenüber der Darstellung aus **Fig. 2** aus Gründen der Darstellbarkeit um 90 Grad gegen den Uhrzeigersinn gekippt ist. Diese Darstellung ist hierbei nur eine Prinzipdarstellung. Wie man aus **Fig. 3** ersehen kann, ist hierbei das erste Gehäuseeteil **57** (das unter anderem auch die Welle **57a** umfasst) über ein Drehlager in Form von zwei Schrägkugellagern **16a**, **16b** gegenüber dem zweiten Gehäuseeteil **56** drehbeweglich gelagert. Der genaue Effekt der Schrägkugellager **16a** und **16b** wird noch detailliert weiter unten erläutert werden. Die Schrägkugellager **16a** und **16b** sind hierbei mit der Welle **57a** des ersten Gehäuseteils **57** verklebt. Am zweiten Gehäuseteil **56** liegt hierbei auf der einen Seite das Schrägkugellager **16a** an einem Vorsprung des zweiten Gehäuseteils **56** an, während das Schrägkugellager **16b** durch einen Spannring **33**, der auf ein Außengewinde des zweiten Gehäuseteils **56** aufgeschraubt ist, in Richtung des Pfeiles S gespannt wird. Hierdurch kann somit also das erste Gehäuseteil **57** (das auch die Welle **57a** umfasst) gegenüber dem zweiten Gehäuseteil **56** um die Drehachse A rotiert werden. Des Weiteren ist zwischen der Welle **57a** des ersten Gehäuseteils **57** und dem zweiten Gehäuseteil **56** ein Torque-Motor **32** vorgesehen, wobei der Stator des Torque-Motors mit **30** bezeichnet ist und der Rotor des Torque-Motors **32** mit dem Bezugszeichen **31** versehen ist. Hierdurch kann das erste Gehäuseteil **57**, **57a** relativ zum zweiten Gehäuseteil **56** angetrieben werden. Des Weiteren ist ein Winkelmesssystem (**21**, **22**) vorgesehen, mit dem der Drehwinkel  $\alpha$  um die Drehachse A des ersten Gehäuseteils **57**, **57a** relativ zum zweiten Gehäuseteil **56** ermittelt werden kann. Rein beispielhaft ist im vorliegenden Fall das Winkelmesssystem gebildet durch eine Kreisteilscheibe **21**, die an der Welle **57a** des ersten Gehäuseteils **57**, **57a** befestigt ist, sowie durch einen optischen Auslesekopf **22**, der am zweiten Gehäuseteil **56** befestigt ist und mit dem die Inkremente auf der Kreisteilscheibe **21** ausgewertet werden. Außerdem ist an der Stirnseite der Welle **57a** des ersten Gehäuseteils **57**, **57a** ein Bauteil mit einem ersten Ring **37** und einem zweiten Ring **38** angeordnet, wobei der erste Ring **37** und der zweite Ring **38** an

einer Tragscheibe **36** befestigt sind. Die Rückseiten des ersten Rings **37** und des zweiten Rings **38** sind hierzu mit dem Tragring **36** verklebt, wobei der Tragring **36** an seinem Außenumfang wiederum mit der in **Fig. 3** zu sehenden Welle **57a** des ersten Gehäuseteils **57** verklebt ist. Alternativ könnte die Verbindung zwischen dem ersten Ring **37** oder dem zweiten Ring **38** und dem Tragring **36** auch durch Schweißen oder durch Widerstandsschweißen hergestellt sein. Analog könnte auch die Verbindung zwischen dem Tragring **38** und der Welle **57a** des ersten Gehäuseteils ebenfalls durch Schweißen oder durch Widerstandsschweißen hergestellt sein.

**[0058]** Der erste Ring **37** weist hierbei erste Rastelemente (die Rastelemente sind in Form von einer Vielzahl von Zähnen **43** vorgesehen, vgl. auch **Fig. 4**), die am Innenumfang vorgesehen sind. Der zweite Ring **38** weist zweite Rastelemente (die Rastelemente sind in Form von einer Vielzahl von Zähnen **44** vorgesehen, vgl. auch **Fig. 4**) auf, die am Außenumfang des zweiten Ringes **38** vorgesehen ist. Wie aus **Fig. 3** zu sehen ist der größte Außendurchmesser des zweiten Ringes **38** geringer als der geringste Innendurchmesser des ersten Ringes **37**. Der zweite Ring **38** befindet sich hierbei innerhalb des ersten Ringes. Die ersten Rastelemente (Zähne **43**) und die zweiten Rastelemente (Zähne **44**) sind hierbei beispielhaft Zähne, wie dies noch weiter unten im Zusammenhang mit **Fig. 4** dargestellt wird. Des Weiteren ist an dem zweiten Gehäuseteil **56** eine Kinematik **50** befestigt. Diese Kinematik **50** umfasst zumindest ein erstes Gegenrastelement (Zahn **45**) und zumindest ein zweites Gegenrastelement (Zahn **46**), wobei die Gegenrastelemente **45** und **46** durch einen Antrieb **25** in der mit dem Pfeil **23** bezeichneten Richtung hin und her bewegt werden können. Die Kinematik **50** weist dazu eine Führung **27** auf, die ein Federgelenk **12** enthält. Das Federgelenk **12** entsteht hierbei dadurch, indem das Material der Führung **27** an der betreffenden Stellen geschwächt ist. Am in der **Fig. 3** rechten Ende der Führung **27**, das hier als Stab **34** ausgebildet ist, ist das erste Gegenrastelement (hier Zahn **45**) und das zweite Gegenrastelement (hier Zahn **46**) befestigt. Die Kinematik **50** umfasst ferner eine Halteplatte **26** sowie einen Tauchspulenantrieb **25**, der zwischen dem zweiten Gehäuseteil **56** und der Führung **27** angeordnet ist. Durch den Tauchspulenantrieb **25** kann nunmehr die Führung **27** und damit die beiden Gegenrastelemente (hier Zahn **45** und Zahn **46**) in Richtung des Pfeils **23** hin und her bewegt werden. In der in **Fig. 3** gezeigten Stellung greift weder das erste Gegenrastelement (Zahn **45**) in zumindest ein Rastelement (hier zwei Rastelemente in Form von zwei Zähnen **43** auf dem äußeren Ring **37**) ein, noch das zweite Gegenrastelement (Zahn **46**) in zumindest ein Rastelement (hier zwei Rastelemente in Form von zwei Zähnen **44** auf dem inneren Ring **38**) ein. Nachdem das Ausführungsbeispiel nur eine Kinematik **50** aufweist, die im Weiteren als „erste Kinematik“ be-

zeichnet wird, kann damit also das erste Gehäuseteil **57** (das auch die Welle **57a** umfasst) gegenüber dem zweiten Gehäuseteil **56** um die Drehachse A rotiert werden.

**[0059]** Die Funktion der Kinematik **50** soll unter Rückgriff auf **Fig. 4** näher erläutert werden, die eine ausschnittsweise Darstellung eines Schnittes des Drehgelenkes **14** nach **Fig. 3** entlang der in **Fig. 3** zu sehenden Schnittlinie IV-IV darstellt. Es handelt sich hierbei ebenfalls um eine reine Prinzip-Darstellung. Gleiche Bauteile wie in **Fig. 3** tragen hierbei dieselben Bezugszeichen. Von der Kinematik **50** ist hierbei in **Fig. 4** nur der geschnitten dargestellte Stab **34** der Führung **27** mit den hieran befestigten Gegenrastelementen (Zähne **45** und **46**) zu sehen. Die Kinematik **50** dient dabei dazu die zwei Gegenrastelemente (Zähne **45** und **46**) so zwischen den beiden Ringen **37** und **38** hin und her zu bewegen, dass entweder das erste Gegenrastelement (Zahn **45**) in eine Einrastposition mit einem Rastelement (hier zwei der Zähne **43**, vgl. auch **Fig. 4**) des ersten Ringes **37** gebracht wird, oder das zweite Gegenrastelement (Zahn **46**) in eine Einrastposition mit einem Rastelement (hier zwei der Zähne **44**, vgl. auch **Fig. 4**) des zweiten Ringes **38** gebracht wird oder beide Gegenrastelemente (Zähne **45** und **46**) in eine Ausrastposition gebracht sind.

**[0060]** In der in **Fig. 4** (und auch **Fig. 3**) gezeigten Darstellung befinden sich beide Gegenrastelemente (Zähne **45** und **46**) in der Ausrastposition. In dieser Ausrastposition sind die Gehäuseteile (**56**, **57**, **57a**) relativ zueinander drehbeweglich. Wird hingegen das zumindest eine erste Gegenrastelement (Zahn **45**) in eine Einrastposition mit einem Rastelement (hier zwei Rastelemente in Form von zwei der Zähne **43**) des ersten Ringes **37** gebracht, sind die beiden Gehäuseteile **56**, **57**, **57a** in dieser jeweiligen Drehstellung festgerastet. Genauso sind die beiden Gehäuseteile **56**, **57**, **57a** in einer jeweiligen Drehstellung festgerastet, wenn das zumindest eine zweite Gegenrastelement (Zahn **46**) sich in einer Einrastposition mit dem zumindest einen Rastelement (hier zwei Rastelemente in Form von zwei der Zähne **44**) des zweiten Ringes **38** befindet.

**[0061]** Wie aus **Fig. 4** zu sehen, sind die ersten Rastelemente **43** des ersten Ringes **37** relativ zu den zweiten Rastelementen **44** des zweiten Ringes **38** bezogen auf den Drehwinkel  $\alpha$  des Drehgelenkes **14** versetzt zueinander angeordnet. Das erste Gegenrastelement (Zahn **45**), das sich durch Abwärtsbewegung direkt in eine Eingriffsposition mit dem zumindest einen Rastelement (hier zwei Rastelemente in Form von zwei der Zähne **43**) des ersten Ringes **37** bringen lässt, ist gerade so, dass die Gehäuseteile zumindest um einen geringen Winkelbetrag  $\Delta\alpha$  verdreht werden müssen, wenn das zweite Gegenrastelement (Zahn **46**) in zumindest ein Rastelement (hier zwei Rastelemente in Form von zwei der Zähne **44**)

des zweiten Ringes **38** eingreifen soll. Hierdurch lassen sich mit dem ersten Gegenrastelement **45** die beiden Gehäuseteile **57**, **57a** und **56** in einer Vielzahl von ersten Drehstellungen rasten, zum Beispiel  $\alpha_1 = 0^\circ, 2,5^\circ, 5^\circ, 7,5^\circ, 9^\circ, 11,5^\circ$  etc.. Durch die Versetzung der Rastelemente **43** des ersten Ringes **37** relativ zu den Rastelementen **44** des zweiten Ringes **38** bezogen auf den Drehwinkel  $\alpha$  des Drehgelenkes **14** lassen sich mit dem zweiten Gegenrastelement **46** die beiden Gehäuseteile **57**, **57a** und **56** in einer Vielzahl von zweiten Drehstellungen rasten, zum Beispiel  $\alpha_2 = 1,25^\circ, 3,75^\circ, 6,25^\circ, 8,75^\circ$  etc.. Hierbei unterscheidet sich jede der ersten Drehstellungen  $\alpha_1$  von jeder der zweiten Drehstellungen  $\alpha_2$ . Hierdurch lassen sich nunmehr die beiden Gehäuseteile **57**, **57a** und **56** in Schritten von  $1,25^\circ$  rasten.

**[0062]** Derselbe Effekt lässt sich natürlich erzielen, wenn anstelle der Versetzung der ersten Rastelemente (Zähne **43**) des ersten Ringes **37** relativ zu den zweiten Rastelementen (Zähne **44**) des zweiten Ringes **38** das erste Gegenrastelement (Zahn **45**) und das zweite Gegenrastelement (Zahn **46**) bezogen auf den Drehwinkel  $\alpha$  des Drehgelenkes **14** versetzt zueinander angeordnet sind. Dies ist in **Fig. 5** gezeigt.

**[0063]** **Fig. 5** zeigt hierbei eine Darstellung sehr ähnlich wie in **Fig. 4** in einer gegenüber **Fig. 4** geänderten Ausführungsform, wobei gleiche Bezugszeichen dieselben Bauelemente wie in **Fig. 4** bezeichnen. Anders als in **Fig. 4** sind in **Fig. 5** nunmehr nicht die Rastelemente **43** und **44** des ersten Rings **37** und des zweiten Rings **38** bezogen auf den Drehwinkel  $\alpha$  des Drehgelenkes **14** versetzt zueinander angeordnet. Vielmehr ist hierin das erste Gegenrastelement (Zahn **45**) und das zweite Gegenrastelement (Zahn **46**) bezogen auf den Drehwinkel  $\alpha$  des Drehgelenkes **14** versetzt zueinander angeordnet. Dazu weist hier rein beispielhaft der Stab, hier mit dem Bezugszeichen **35** bezeichnet, einen rechteckigen Querschnitt auf, damit das erste Gegenrastelement (Zahn **45**) und das zweite Gegenrastelement (Zahn **46**) versetzt zueinander angeordnet werden können. Hierdurch ergibt sich wiederum folgendes. Das zumindest eine erste Gegenrastelement (Zahn **45**), das sich in der gezeigten **Fig. 5** hier gerade in der Eingriffsposition mit dem zumindest einen Rastelement (hier zwei Rastelemente in Form von zwei der Zähne **43**) des ersten Ringes **37** befindet ist gerade so, dass die Gehäuseteile **57**, **57a** und **56** zumindest um einen geringen Winkelbetrag verdreht werden müssen, wenn das zumindest eine zweite Gegenrastelement (Zahn **46**) in ein Rastelement (hier zwei Rastelemente in Form von zwei der Zähne **44**) des zweiten Ringes **38** eingreifen soll. Hierdurch lassen sich mit dem ersten Gegenrastelement (Zahn **45**) die beiden Gehäuseteile **57**, **57a** und **56** wiederum in einer Vielzahl von ersten Drehstellungen rasten, zum Beispiel  $\alpha_1 = 0^\circ, 2,5^\circ, 5^\circ, 7,5^\circ, 9^\circ, 11,5^\circ$  etc.. Durch die Versetzung des ersten Gegenrastelementes (Zahn **45**) relativ zum zweiten

Gegenrastelement (Zahn **46**) bezogen auf den Drehwinkel  $\alpha$  des Drehgelenkes **14** lassen sich mit dem zweiten Gegenrastelement **46** die beiden Gehäuseteile **57**, **57a** und **56** in einer Vielzahl von zweiten Drehstellungen rasten, zum Beispiel  $\alpha_2 = 1,25^\circ, 3, 75^\circ, 6,25^\circ, 8,75^\circ$  etc.. Die Rastung erfolgt so, dass jede der ersten Drehstellungen  $\alpha_1$  sich von jeder der zweiten Drehstellungen  $\alpha_2$  unterscheidet. Hierdurch lassen sich nunmehr die beiden Gehäuseteile **57**, **57a** und **56** in Schritten von  $1,25^\circ$  rasten.

**[0064]** Fig. 6 zeigt weiterhin eine Darstellung sehr ähnlich wie in Fig. 4 in einer gegenüber Fig. 4 ebenfalls geänderten Ausführungsform, wobei gleiche Bezugszeichen dieselben Bauelemente wie in Fig. 4 bezeichnen. Anders als in Fig. 4 werden in Fig. 5 Kugeln **68** und **69** als Rastelemente verwendet und ein Zylinder **67** als einziges Gegenrastelement verwendet. Die Kugeln **69** sind hierbei die ersten Rastelemente, die am ersten Ring **37** befestigt sind, während die Kugeln **68** die zweiten Rastelemente sind, die am zweiten Ring **38** befestigt sind. Die Kinematik umfasst in diesem Falle nur ein einziges erstes Gegenrastelement nämlich den Zylinder **67**. Dieser Zylinder **67** ist an dem Ende des in Fig. 3 gezeigten Stabes **34** der Kinematik **50** befestigt und kann daher vollkommen analog zu dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 und Fig. 4 auf und ab bewegt werden, um in Einrastpositionen mit den ersten Rastelementen (Kugeln **69**) oder den zweiten Rastelementen (Kugeln **68**) gebracht zu werden. Dieses erste Gegenrastelement (Zylinder **67**) wirkt also sowohl mit den ersten Rastelementen (Kugeln **69**) zusammen, wie auch mit den zweiten Rastelementen (Kugeln **68**) zusammen. Vollkommen analog zum Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 sind hierbei die ersten Rastelemente (Kugeln **69**) zu den zweiten Rastelementen (Kugeln **68**) bezogen auf den Drehwinkel  $\alpha$  so versetzt angeordnet, dass sich durch Zusammenwirkung des ersten Gegenrastelementes (Zylinder **67**) mit den ersten Rastelementen (Kugeln **69**) die beiden Gehäuseteile **57**, **57a** und **56** in einer Vielzahl von ersten Drehstellungen rasten lassen, zum Beispiel  $\alpha_1 = 0^\circ, 2,5^\circ, 5^\circ, 7,5^\circ, 9^\circ, 11,5^\circ$  etc.. Durch die Versetzung der Rastelemente (Kugeln **69**) des ersten Ringes **37** relativ zu den Rastelementen (Kugeln **68**) des zweiten Ringes **38** bezogen auf den Drehwinkel  $\alpha$  des Drehgelenkes **14** lassen sich mit dem ersten Gegenrastelement (Zylinder **67**) die beiden Gehäuseteile **57**, **57a** und **56** auch in einer Vielzahl von zweiten Drehstellungen rasten, zum Beispiel  $\alpha_2 = 1,25^\circ, 3,75^\circ, 6, 25^\circ, 8,75^\circ$  etc.. Die Rastungen erfolgen so, dass jede der ersten Drehstellungen  $\alpha_1$  sich von jeder der zweiten Drehstellungen  $\alpha_2$  unterscheidet. Hierdurch lassen sich die beiden Gehäuseteile **57**, **57a** und **56**, genau wie in den Ausführungsbeispielen nach Fig. 4 und Fig. 5, in Schritten von  $1,25^\circ$  rasten.

**[0065]** Damit zeigen die Fig. 1 bis Fig. 6 also eine Dreheinheit **8** für ein Koordinatenmessgerät **19**, mit

wenigstens einem Drehgelenk **14** um hierdurch einen Sensor **4**, **5** um eine Drehachse A rotieren zu können, wobei dieses Drehgelenk **14** folgendes umfasst:

- ein erstes Gehäuseteil **57**, **57a**, an dem ringförmig eine Vielzahl von Rastelementen (Zähne **43** am ersten Ring **37** und Zähne **44** am zweiten Ring **38** oder Kugeln **69** am ersten Ring **37** und Kugeln **68** am zweiten Ring **38**) angeordnet sind
- ein zweites Gehäuseteil **56**, an dem wenigstens ein Gegenrastelement (Zahn **45** und Zahn **46** oder Zylinder **67**) vorgesehen ist, das mit den Rastelementen (Zähne **43** am ersten Ring **37** und Zähne **44** am zweiten Ring **38** oder Kugeln **69** am ersten Ring **37** und Kugeln **68** am zweiten Ring **38**) zusammenwirkt
- ein Drehlager (**16a**, **16b**), über das das zweite Gehäuseteil **56** und das erste Gehäuseteil **57**, **57a** relativ zueinander drehbeweglich gelagert sind
- des Weiteren ist am ersten Gehäuseteil **57**, **57a** ein erster Ring **37** mit ersten Rastelementen (Zähne **43** im Falle von Fig. 4 und Fig. 5 oder Kugeln **69** im Falle von Fig. 6) am Innenumfang vorgesehen und ein zweiter Ring **38** mit zweiten Rastelementen (Zähne **44** im Falle von Fig. 4 und Fig. 5 oder Kugeln **68** im Falle von Fig. 6) am Außenumfang vorgesehen
- Außerdem wird insbesondere gezeigt, dass am zweiten Gehäuseteil **56** zumindest eine Kinematik **50** mit wenigstens einem ersten Gegenrastelement (Zahn **45** im Falle von Fig. 4 und Fig. 5 oder Zylinder **67** im Falle von Fig. 6) vorgesehen ist, das zumindest mit den ersten Rastelementen (Zähne **43** im Falle von Fig. 4 und Fig. 5 oder Kugeln **69** im Falle von Fig. 6) zusammenwirkt und gegebenenfalls wenigstens ein zweites Gegenrastelement (Zahn **46** im Falle von Fig. 4 und Fig. 5) vorgesehen ist, das nur mit den zweiten Rastelementen (Zähne **44** im Falle von Fig. 4 und Fig. 5) zusammenwirkt, wobei diese Kinematik eingerichtet ist dieses erste Gegenrastelement (Zahn **45** im Falle von Fig. 4 und Fig. 5 oder Zylinder **67** im Falle von Fig. 6) und das gegebenenfalls vorhandene zweite Gegenrastelement (Zahn **46** im Falle von Fig. 4 und Fig. 5) so zwischen den beiden Ringen **37** und **38** hin und her zu bewegen, dass entweder das erste Gegenrastelement (Zahn **45** im Falle von Fig. 4 und Fig. 5 oder Zylinder **67** im Falle von Fig. 6) in eine Einrastposition mit zumindest einem ersten Rastelement (zwei der Zähne **43** im Falle von Fig. 4 und Fig. 5 oder zwei der Kugeln **69** im Falle von Fig. 6) des ersten Ringes **37** gebracht ist, oder das erste Gegenrastelement (Zylinder **67** im Falle von Fig. 6) und/oder das gegebenenfalls vorhandene zweite Gegenrastelement (Zahn **46** im Falle von Fig. 4 und Fig. 5) in eine Einrastposition mit zumindest einem zweiten Rastelement (zwei der Zähne **44** im Falle von Fig. 4 und Fig. 5 oder zwei der Kugeln **68** im Falle von Fig. 6) des zweiten Ringes **38** gebracht ist oder das erste Gegenrastelement (Zahn **45** im Falle von Fig. 4 und

**Fig. 5** oder Zylinder **67** im Falle von **Fig. 6**) und das gegebenenfalls vorhandene zweite Gegenrastelement (Zahn **46** im Falle von **Fig. 4** und **Fig. 5**) in eine Ausrastposition gebracht ist/sind

– dass das erste Gegenrastelement (Zahn **45** im Falle von **Fig. 5**) relativ zu dem gegebenenfalls vorhandenen zweiten Gegenrastelement (Zahn **46** im Falle von **Fig. 5**) und/oder die ersten Rastelemente (Zähne **43** im Falle von **Fig. 4** oder Kugeln **69** im Falle von **Fig. 6**) relativ zu den zweiten Rastelementen (Zähne **44** im Falle von **Fig. 4** oder Kugeln **68** im Falle von **Fig. 6**) bezogen auf den Drehwinkel  $\alpha$  des Drehgelenkes **14** jeweils so versetzt zueinander angeordnet sind, so dass sich durch die Einrastpositionen des ersten Gegenrastelementes (Zahn **45** im Falle von **Fig. 4** und **Fig. 5** oder Zylinder **67** im Falle von **Fig. 6**) mit zumindest einem ersten Rastelement (zwei der Zähne **43** im Falle von **Fig. 4** und **Fig. 5** oder zwei der Kugeln **69** im Falle von **Fig. 6**) des ersten Ringes **37** die beiden Gehäuseteile in einer Vielzahl von ersten Drehstellungen  $\alpha_1$  rasten lassen, und sich durch die Einrastpositionen des ersten Gegenrastelementes (Zylinder **67** im Falle von **Fig. 6**) und/oder des gegebenenfalls vorhandenen zweiten Gegenrastelementes (Zahn **46** im Falle von **Fig. 4** und **Fig. 5**) mit zumindest einem zweiten Rastelement (zwei der Zähne **44** im Falle von **Fig. 4** und **Fig. 5** oder zwei der Kugeln **68** im Falle von **Fig. 6**) des zweiten Ringes **38** die beiden Gehäuseteile in einer Vielzahl von zweiten Drehstellungen  $\alpha_2$  rasten lassen und dass jede der ersten Drehstellungen  $\alpha_1$  sich von jeder der zweiten Drehstellungen  $\alpha_2$  unterscheidet.

**[0066]** Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass der Begriff „wenigstens ein erstes Gegenrastelement“ in dem Sinne zu verstehen ist, dass auch mehrere erste Gegenrastelemente, wie beispielsweise mehrere Zähne, mehrere Zylinder oder mehrere Kugeln gemeint sein können. Entscheidend für dieses erste Gegenrastelemente (oder diese ersten Gegenrastelemente) ist hierbei, dass dieses Gegenrastelement zumindest mit den ersten Rastelementen des ersten Ringes zusammenwirkt.

**[0067]** Der Begriff „gegebenenfalls wenigstens ein zweites Gegenrastelement“ soll bedeuten, dass ein solches zweites Gegenrastelement nicht zwingend vorgesehen sein muss. Tatsächlich gibt es Ausführungsformen, bei denen das erste Gegenrastelement (oder mehrere erste Gegenrastelemente) auch mit den zweiten Rastelementen des zweiten Ringes zusammenwirken kann, sodass ein zweites Gegenrastelement überhaupt nicht erforderlich ist (vgl. beispielsweise **Fig. 6**). Sofern ein solches zweites Gegenrastelement allerdings vorgesehen ist, können aber auch mehrere zweite Gegenrastelemente, wie beispielsweise mehrere Zähne, mehrere Zylinder oder mehrere Kugeln gemeint sein. Entscheidend

für ein zweites Gegenrastelement (oder für mehrere zweite Gegenrastelemente) ist hierbei, dass dieses nur mit den zweiten Rastelementen des zweiten Ringes zusammenwirkt.

**[0068]** Genauso bedeutet der Ausdruck dass ein „Gegenrastelement in eine Einrastposition mit zumindest einem ... Rastelement“ gebracht ist, dass natürlich auch hier die Bezeichnung „zumindest einem ... Rastelement“ bedeutet, dass wenigstens ein Rastelement gemeint ist. Im Fall der bisher gezeigten Ausführungsbeispiele ist zwar immer ein Gegenrastelement (also ein Zahn oder ein Zylinder) in eine Einrastposition mit zwei Rastelementen (also zwei Zähne oder zwei Kugeln) gebracht. Natürlich sollen aber auch Ausführungsformen miteinfasst sein, bei denen tatsächlich für eine Einrastposition nur eines der Rastelemente mit den Gegenrastelementen zusammenwirkt. Dies ist beispielsweise möglich, wenn als Gegenrastelemente zwei nebeneinanderliegende Zylinder verwendet werden, die mit einer Kugel als Rastelement zusammenwirken oder wenn als Gegenrastelemente zwei nebeneinanderliegende Zähne verwendet werden, die mit einem Zahn als Rastelement zusammenwirken oder wenn als Gegenrastelemente zwei nebeneinanderliegende Kugeln verwendet werden, die mit einem Zylinder als Rastelement zusammenwirken.

**[0069]** Wie man anhand der **Fig. 4** bis **Fig. 6** gut sehen kann, ist der größte Außendurchmesser des zweiten Ringes **38** geringer ist als der geringste Innendurchmesser des ersten Ringes **37**. Der zweite Ring **38** kann sich daher innerhalb des ersten Ringes **37** befinden.

**[0070]** Natürlich können auch sowohl die ersten Rastelemente (Zähne **43**) des ersten Ringes **37** relativ zu den zweiten Rastelementen (Zähne **44**) des zweiten Ringes **38**, wie auch das erste Gegenrastelement (Zahn **45**) relativ zu dem zweiten Gegenrastelement (Zahn **46**) bezogen auf den Drehwinkel  $\alpha$  des Drehgelenkes **14** versetzt zueinander angeordnet sein.

**[0071]** Die im Zusammenhang mit den **Fig. 3** bis **Fig. 6** erläuterten Ausführungsbeispiele der Dreheinheit weisen nur eine einzige Kinematik **50** auf. Wie bereits schon in der Beschreibungseinleitung wird diese Kinematik **50** im Weiteren als „erste Kinematik“ bezeichnet. In Weiterbildungen der bislang gezeigten Ausführungsformen der Dreheinheit kann am zweiten Gehäuseteil **56** zumindest eine weitere Kinematik oder mehrere weitere Kinematiken vorgesehen sein. Diese weitere Kinematik bzw. diese weiteren Kinematiken arbeiten hierbei genauso, wie die im Zusammenhang mit **Fig. 3** bis **Fig. 6** beschriebene erste Kinematik **50**.

**[0072]** Eine Anwendungsmöglichkeit für eine weitere Kinematik oder mehrere weitere Kinematiken be-

steht darin die Anzahl der maximal möglichen Rastpositionen noch weiter zu erhöhen. Dies ist rein schematisch anhand von **Fig. 7** gezeigt.

**[0073]** **Fig. 7** zeigt hierbei eine Darstellung sehr ähnlich wie in **Fig. 4** in einer gegenüber **Fig. 4** geänderten Ausführungsform, wobei gleiche Bezugszeichen dieselben Bauelemente wie in **Fig. 4** bezeichnen. Abgesehen davon, dass sich das erste Gegenrastelement (Zahn **45**) der ersten Kinematik **50** in einer eingerasteten Position befindet, ist der wesentliche Unterschied gegenüber **Fig. 4** darin zu sehen, dass in **Fig. 7** nunmehr zusätzlich eine weitere Kinematik **64** vorgesehen ist. Von dieser weiteren Kinematik **64** ist aus Gründen der Schnittdarstellung nur der geschnittene dargestellte Stab **54** und ein erstes Gegenrastelement **60** und ein zweites Gegenrastelement **61** dieser Kinematik **62** zu sehen. Diese zusätzliche Kinematik **62** arbeitet genauso, wie die oben im Zusammenhang mit **Fig. 3** erläuterte Kinematik **50** und ist in dieser Ausführungsvariante rein beispielhaft auch genauso aufgebaut, wie die Kinematik **50** (vgl. auch **Fig. 3**).

**[0074]** Wie aus **Fig. 7** zu sehen ist, ist diese weitere Kinematik **64** relativ zur ersten Kinematik **50** etwas versetzt angeordnet. Dies hat den Effekt, dass sich mit der weiteren Kinematik **64** nochmals andere Drehstellungen rasten lassen, als dies mit der ersten Kinematik **50** der Fall ist. Mit der ersten Kinematik **50** lassen sich beispielsweise durch das erste Gegenrastelement (Zahn **45**) die Drehwinkelstellungen  $\alpha_1 = 0^\circ, 2,5^\circ, 5^\circ, 7,5^\circ, 9^\circ, 11,5^\circ$  etc. und durch das zweite Gegenrastelement (Zahn **46**) die Drehstellungen  $\alpha_2 = 1,25^\circ, 3,75^\circ, 6,25^\circ, 8,75^\circ$  etc. rasten. Durch die Versetzung der weiteren Kinematik **64**, lassen sich mit dieser Kinematik **64** beispielsweise durch ihr erstes Gegenrastelement (Zahn **60**) die Drehwinkelstellungen  $\alpha_3 = 0,625^\circ, 3,125^\circ, 5,625^\circ, 8,125^\circ, 10,625^\circ, 13,125^\circ$  etc. und durch ihr zweites Gegenrastelement (Zahn **61**) die Drehwinkelstellungen  $\alpha_3 = 1,875^\circ, 4,375^\circ, 6,875^\circ, 9,375^\circ, 11,875^\circ, 14,375^\circ$  etc. rasten. Wie hieraus zu sehen ist, liegen die Drehwinkelstellungen  $\alpha_3$ , die durch das erste Gegenrastelement (Zahn **60**) und die Drehwinkelstellungen  $\alpha_4$ , die durch das zweite Gegenrastelement (Zahn **61**) der weiteren Kinematik **64** erzielt werden können nochmals genau zwischen den Drehwinkelstellungen  $\alpha_1$ , die durch das erste Gegenrastelement (Zahn **44**) und den Drehwinkelstellungen  $\alpha_2$ , die durch das zweite Gegenrastelement (Zahn **45**) der ersten Kinematik **50** erzielt werden können. Hierdurch ergibt sich nochmals eine Verdoppelung der Drehwinkelstellungen gegenüber den Ausführungsbeispielen nach **Fig. 3** bis **Fig. 6** mit nur einer ersten Kinematik **50**.

**[0075]** Damit ist die in **Fig. 7** gezeigte weitere Kinematik **64** relativ zur ersten Kinematik **50** so versetzt angeordnet, dass alle ersten Drehstellungen  $\alpha_1$  und auch alle zweiten Drehstellungen  $\alpha_2$ , die sich mit der

ersten Kinematik **50** rasten lassen sich von allen ersten Drehstellungen  $\alpha_3$  und allen zweiten Drehstellungen  $\alpha_4$  unterscheiden, die sich mit dieser weiteren Kinematik **64** rasten lassen.

**[0076]** Das im Zusammenhang mit **Fig. 7** beschriebene Prinzip lässt sich nicht nur durch eine weitere Kinematik **64** erzielen, durch die die Drehstellungen verdoppelt werden. Es können neben der einen weiteren Kinematik **64** noch weitere Kinematiken nach demselben Prinzip eingesetzt werden, sodass gegenüber einer Dreheinheit mit nur einer ersten Kinematik **50** die Drehstellungen auch verdreifacht, vervierfacht etc. werden können.

**[0077]** Eine weitere Anwendungsmöglichkeit für eine weitere Kinematik oder mehrere weitere Kinematiken besteht darin eine gleichmäßigere Verteilung der Kräfte zu bewirken, die sich beim Rasten durch das Andrücken des ersten Gegenrastelementes (Zahn **45** oder Zylinder **67**) oder des zweiten Gegenrastelementes (Zahn **46**) der ersten Kinematik **50** in eine Einrastposition auf den ersten Ring **37** oder den zweiten Ring **38** in einer jeweiligen Drehstellung ergeben. Dies ist rein schematisch anhand von **Fig. 8** gezeigt.

**[0078]** **Fig. 8** zeigt ebenfalls eine Darstellung sehr ähnlich wie in **Fig. 4** in einer gegenüber **Fig. 4** geänderten Ausführungsform, wobei gleiche Bezugszeichen dieselben Bauelemente wie in **Fig. 4** bezeichnen. Abgesehen davon, dass sich das erste Gegenrastelement (Zahn **45**) der ersten Kinematik **50** in einer eingerasteten Position befindet, ist der wesentliche Unterschied gegenüber **Fig. 4** darin zu sehen, dass in **Fig. 8** nunmehr zusätzlich eine weitere Kinematik **42** vorgesehen ist. Von dieser weiteren Kinematik **42** ist aus Gründen der Schnittdarstellung wiederum nur der geschnittene dargestellte Stab **18** und ein erstes Gegenrastelement **66** und ein zweites Gegenrastelement **65** dieser Kinematik **42** zu sehen. Diese zusätzliche Kinematik **42** arbeitet genauso, wie die oben im Zusammenhang mit **Fig. 3** bis **Fig. 4** erläuterte Kinematik **50** und ist in dieser Ausführungsvariante rein beispielhaft auch genauso aufgebaut, wie die Kinematik **50** (vgl. auch **Fig. 3**).

**[0079]** Wie aus **Fig. 8** zu sehen, befindet sich nicht nur das erste Gegenrastelement (Zahn **45**) der ersten Kinematik **50** in der Einrastposition, sondern gleichfalls auch das erste Gegenrastelement (Zahn **66**) der weiteren Kinematik **42**. Das weitere Gegenrastelement **42** ist hierbei versetzt zum ersten Gegenrastelement **50** angeordnet. Der Versatz ist hierbei so, dass sich mit dem ersten Gegenrastelement **66** der weiteren Kinematik **42** dieselben Drehwinkelstellungen  $\alpha_1$  rasten lassen, die sich auch mit dem ersten Gegenrastelement (Zahn **45**) der ersten Kinematik **50** rasten lassen. Mit dem zweiten Gegenrastelement **65** der weiteren Kinematik **42** lassen sich damit dieselben Drehwinkelstellungen  $\alpha_2$  rasten, die sich auch mit

dem zweiten Rastelement (Zahn **46**) der ersten Kinematik **50** rasten lassen.

**[0080]** Damit ist also eine weitere Kinematik **42** relativ zur ersten Kinematik **50** so versetzt angeordnet, dass alle ersten Drehstellungen  $\alpha_1$  und auch alle zweiten Drehstellungen  $\alpha_2$ , die sich mit der ersten Kinematik **50** rasten lassen allen ersten Drehstellungen  $\alpha_1$  und allen zweiten Drehstellungen  $\alpha_2$  entsprechen, die sich mit dieser weiteren Kinematik **42** rasten lassen.

**[0081]** Natürlich lässt sich das in **Fig. 8** gezeigte Prinzip auch anwenden, soweit nach dem im Zusammenhang mit **Fig. 7** beschriebenen Ausführungsbeispiel zusätzliche Kinematiken eingesetzt werden, um gegenüber der Lösung mit nur einer einzigen Kinematik **50** die Anzahl der Drehstellungen erneut zu verdoppeln, verdreifachen, vervierfachen etc..

**[0082]** Es soll an dieser Stelle nochmals erwähnt werden, dass die Bezeichnung erstes Gehäuseteil **57, 57a** und zweites Gehäuseteil **56** völlig willkürlich gewählt sind. Nachdem ein Drehlager **16a, 16b** vorgesehen ist, über das das zweite Gehäuseteil **56** und das erste Gehäuseteil **57, 57a** relativ zueinander drehbeweglich gelagert sind, bleibt also offen, ob sich das zweite Gehäuseteil **56** relativ zum ersten Gehäuseteil **57, 57a** dreht, oder wie in diesem Ausführungsbeispiel, sich das erste Gehäuseteil **57, 57a** relativ zum zweiten Gehäuseteil **56** dreht.

**[0083]** In **Fig. 9** ist ausschnittsweise die Darstellung aus **Fig. 3** zu sehen, wobei hierbei insbesondere ebenfalls eine Kinematik dargestellt ist, die hier nun aber das Bezugszeichen **51** trägt. Gleiche Bauteile wie in **Fig. 3** tragen hierbei dieselben Bezugszeichen. Wie aus **Fig. 9** ersichtlich ist, unterscheidet sich die Kinematik **51** nach **Fig. 9** von der Kinematik **50** aus **Fig. 3** darin, dass die Führung, die hier mit dem Bezugszeichen **29** bezeichnet ist, anstelle eines Federgelenkes **12** ein Blattfederparallelogramm umfasst, das eine lineare Bewegung des ersten Gegenrastelementes (Zahn **45**) und des zweiten Gegenrastelementes (Zahn **46**) in Richtung des Pfeiles **41** ermöglicht. Das Blattfederparallelogramm umfasst vier Blattfedergelenke **28a–28d**, die genau wie das Blattfedergelenk **12** in **Fig. 3** hergestellt wurden. Ansonsten arbeitet die Kinematik **51** genauso wie die Kinematik **50** aus **Fig. 3**.

**[0084]** Genau wie **Fig. 9** zeigt auch **Fig. 10** eine ausschnittsweise Darstellung aus **Fig. 3**, wobei hierin ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Kinematik gezeigt ist, die das Bezugszeichen **52** aufweist. In diesem Ausführungsbeispiel wurde, genau wie im Ausführungsbeispiel nach **Fig. 9**, als Führung **29** ein Blattfederparallelogramm verwendet, das eine lineare Bewegung des ersten Gegenrastelementes (Zahn **45**) und des zweiten Gegenrastelementes (Zahn **46**)

in Richtung des Pfeiles **41** ermöglicht. Das Blattfederparallelogramm umfasst vier Blattfedergelenke **28a–28d**, die genau wie das Blattfedergelenk **12** in **Fig. 3** hergestellt wurden. Außerdem wurde im Gegensatz zu den Ausführungsbeispielen nach **Fig. 3** und **Fig. 9** als Antrieb anstelle eines Tauchspulenantriebes **25** ein Piezoantrieb **53** verwendet.

**[0085]** Die Kinematik für das Gegenrastelement sollte vorzugsweise steif in azimuthaler Richtung der jeweiligen Drehachse (also in Drehrichtung der Drehachse) sein und kann für die Bewegung des Einrastens vorzugsweise „weich“ in radialer Richtung (also radial bezogen auf die Drehachse) sein.

**[0086]** Damit umfassen die besagten Kinematiken **50, 51** und **52** jeweils einen Antrieb, durch den das Gegenrastelement (wenigstens ein Zahn) bewegt werden kann. Der Antrieb kann insbesondere ein besonders kostengünstiger Piezoantrieb **53** sein. Die Kinematiken können zur Bewegung des Gegenrastelementes neben dem besagten Antrieb eine Führung **29a, 29b, 29c** aufweisen, wobei die Führung ein Federparallelogramm (siehe beispielsweise die vier Festkörpergelenke **28a–28d** in **Fig. 9** oder **Fig. 10**, durch die ein Federparallelogramm entsteht) umfassen kann, das eine Linearführung ermöglicht oder ein Federgelenk **12** (siehe beispielsweise **Fig. 3**) umfassen kann, das eine Rotation ermöglicht.

**[0087]** Die in den **Fig. 3, Fig. 9** und **Fig. 10** beschriebenen Kinematiken **50, 51** und **52** beschreiben, wie bereits ausgeführt, drei verschiedene Ausführungsformen der als „erste Kinematik“ bezeichneten Kinematik. Die mit „weitere Kinematik“ bezeichneten Kinematiken **62** in **Fig. 7** oder **Fig. 42** in **Fig. 8** können natürlich genauso wie die „erste Kinematik“ aufgebaut sein.

**[0088]** Wie bereits oben im Zusammenhang mit **Fig. 3** ausgeführt, sind als Drehlager Schrägkugellager **16a, 16b** vorgesehen. Alternativ könnten auch Schrägwalzenlager vorgesehen sein. Der Vorteil solcher Schrägkugellager **16a, 16b** als Drehlager soll nunmehr anhand von **Fig. 11** und **Fig. 12** erläutert werden. **Fig. 11** zeigt hierbei ein Drehlager, das aus zwei herkömmlichen Kugellagern **39a** und **39b** gebildet ist und ein Drehlager, das aus zwei Schrägkugellagern **16a** und **16b** gebildet ist. Hieran sollen die Unterschiede dieser beiden Drehlager zu erläutern werden. Wie bereits oben im Zusammenhang mit **Fig. 3** ausgeführt, werden die Schrägkugellager **16a** und **16b** durch den Spannring **33** und den hiermit zusammenwirkenden Vorsprung im zweiten Gehäuseteil **56** gespannt. Für das Schrägkugellager **16a** ergeben sich damit die in **Fig. 12** dargestellten Kräfteverhältnisse. Durch den Spannring **33** wird die Spannkraft  $F_S$  erzeugt, wobei durch den Vorsprung eine der Spannkraft  $F_S$  entgegenstehende Gegenkraft  $-F_S$  erzeugt wird. Hierdurch wird die äußere Ringhälf-



te **47a** und die innere Ringhälfte **49a** in horizontaler Richtung gegeneinander gepresst. Durch eine Kräftezerlegung ergeben sich aus den jeweils gegeneinander wirkenden Kräften  $F_S$  und  $-F_S$  jeweils eine Kraft  $F_{\parallel}$ , die parallel zu einer gedachten Linie steht, die sich aus den Punkten ergibt, auf denen die äußere Ringhälfte **47a** und die innere Ringhälfte **49b** auf den Kugeln **48a** aufliegen und eine Kraft  $F_{\perp}$ , die senkrecht hierzu steht. Die Verlängerung der Krafrichtungen  $F_{\perp}$  ergibt hierbei einen virtuellen Einspannpunkt  $E_{16a}$ . Wie aus **Fig. 11** wiederum zu sehen ist, ergeben sich für die beiden Schrägkugellager **16a** und **16b** die gezeigten virtuellen Einspannpunkte  $E_{16a}$  und  $E_{16b}$ . **Fig. 11** zeigt außerdem die virtuellen Einspannpunkte  $E_{39a}$  und  $E_{39b}$  bei üblichen Kugellagern **39a** und **39b**. Wie aus **Fig. 11** damit ersichtlich, liegen die virtuellen Einspannpunkte  $E_{39a}$  und  $E_{39b}$  bei normalen Kugellagern **39a** und **39b** in der Symmetrieebene der Kugellager auf der Drehachse, während bei Schrägkugellagern **16a** und  $E_{16b}$  die Einspannpunkte  $E_{16a}$  und  $E_{16b}$  außerhalb liegen. Hierdurch ergibt sich bei Schrägkugellagern **16a** und **16b** eine deutlich größere Führungslänge  $FL_{16}$  als die Führungslänge  $FL_{39}$  bei normalen Kugellagern **39a** und **39b**. Dadurch wird eine deutlich höhere Steifigkeit der betreffenden Drehachse erzielt. Gerade bei einer Dreheinheit **8**, wie sie in **Fig. 2** gezeigt ist, bei der die Dreheinheit **8** eine Dreh-Schwenkeinheit ist, die zumindest zwei Drehgelenke **14**, **15** aufweist, deren Drehachsen A, B senkrecht aufeinander stehen und deren erstes Drehgelenk **14** der beiden Drehgelenke **14**, **15** als Drehlager Schrägkugellager **16a**, **16b** (oder alternativ Schrägwalzenlager) aufweist, kann das zweite Drehgelenk **15** besonders vorteilhaft angeordnet werden, wie dies **Fig. 13** zeigt. Wie bereits im Zusammenhang mit **Fig. 11** und **Fig. 12** beschrieben, weist das Drehgelenk **14** auf der Drehachse A des Drehgelenkes **14** für jedes der Schrägkugellager **16a**, **16b** (oder alternativ jedes der Schrägwalzenlager) einen Einspannpunkt  $E_{16a}$ ,  $E_{16b}$  auf, wobei dieser Einspannpunkt  $E_{16b}$  von einem der Schrägkugellager **16b** (oder der Schrägwalzenlager) genau auf der Drehachse B des zweiten Drehgelenkes **15** liegt. Besonders vorteilhaft weist das zweite Drehgelenk **15** hierbei Kugellager oder Walzenlager (insbesondere natürlich Schrägkugellager **40a**, **40b** oder Schrägwalzenlager auf) wobei der Abstand dieser Kugellager oder Walzenlager von dem besagten Einspannpunkt  $E_{16b}$  jeweils gleich groß ist. Hierdurch ergibt sich eine Dreh-Schwenkeinheit, die relativ geringe Fehler aufweist.

**[0089]** Wie bereits oben ausgeführt weist die Dreheinheit **8** zusätzlich auf:

- einen Drehantrieb **32**, mit dem die Drehung der Gehäuseteile (erstes Gehäuseteil **56** und zweites Gehäuseteil **57**, **57a**) relativ zueinander angetrieben werden kann und
- einen Winkelgeber **21**, **22**, der abhängig vom jeweiligen Drehwinkel zwischen dem ersten Gehäuseteil **57**, **57a** und dem zweiten Gehäuseteil **56**

die jeweilige Winkelstellung liefert. Hierdurch kann die Dreheinheit vollkommen automatisiert betrieben werden. Zusätzlich sollte die Dreheinheit ein Steuerungsmodul mit einem oder mehreren Mikroprozessoren umfassen, die dazu eingerichtet sind, die Kinematiken anzusteuern und/oder den Drehantrieb anzusteuern und/oder den Winkelgeber auszulesen.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Messtisch
<b>2</b>	erster Messschlitten
<b>3</b>	dritter Messschlitten
<b>4</b>	Sensor
<b>5</b>	Taster
<b>6</b>	Werkstück
<b>7</b>	Steuerung
<b>8</b>	Dreheinheit
<b>9</b>	Maßstab
<b>10</b>	Maßstab
<b>11</b>	Maßstab
<b>12</b>	Federgelenk
<b>13</b>	Bedienpult
<b>14</b>	Drehgelenk
<b>15</b>	Drehgelenk
<b>16a, 16b</b>	Schrägkugellager
<b>17</b>	Messrechner
<b>18</b>	Stab
<b>19</b>	Koordinatenmessgerät
<b>20</b>	zweiter Messschlitten
<b>21</b>	Teilkreisscheibe
<b>22</b>	optischer Auslesekopf
<b>23</b>	Pfeil
<b>24</b>	Mechanik
<b>25</b>	Tauchspulenantrieb
<b>26</b>	Halteplatte
<b>27</b>	Führung
<b>28a–28d</b>	Festkörpergelenk
<b>29</b>	Führung
<b>30</b>	Stator
<b>31</b>	Rotor
<b>32</b>	Motor
<b>33</b>	Spannring
<b>34</b>	Stab
<b>35</b>	Stab
<b>36</b>	Tragscheibe
<b>37</b>	erster Ring
<b>38</b>	zweiter Ring
<b>39a, 39b</b>	Kugellager
<b>40a, 40b</b>	Schrägkugellager
<b>41</b>	Pfeil
<b>42</b>	Kinematik
<b>43</b>	Zähne
<b>44</b>	Zähne
<b>45</b>	Zahn
<b>46</b>	Zahn
<b>47a, 47b</b>	äußerer Lagerring
<b>48a, 48b</b>	Kugeln
<b>49a, 49b</b>	innerer Lagerring

50	Kinematik
51	Kinematik
52	Kinematik
53	Piezoaktuator
54	Stift
56	zweites Gehäuseteil
57	erstes Gehäuseteil
57a	Welle
58	drittes Gehäuseteil
59	Wechselteller
60	Zahn
61	Zahn
62	Zahn
63	Zahn
64	Kinematik
65	Zahn
66	Zahn
67	Zylinder
68, 69	Kugel

### Patentansprüche

1. Dreheinheit (8) für ein Koordinatenmessgerät (19), mit wenigstens einem Drehgelenk (14) um hierdurch einen Sensor (4, 5) um eine Drehachse (A) rotieren zu können, wobei dieses Drehgelenk (14) folgendes umfasst:

– ein erstes Gehäuseteil (57, 57a), an dem ringförmig eine Vielzahl von Rastelementen (43; 69) angeordnet sind

– ein zweites Gehäuseteil (56), an dem wenigstens ein Gegenrastelement (44, 45; 67) vorgesehen ist, das mit den Rastelementen (43; 69) zusammenwirkt

– ein Drehlager (16a, 16b), über das das zweite Gehäuseteil (56) und das erste Gehäuseteil (57, 57a) relativ zueinander drehbeweglich gelagert sind,

**dadurch gekennzeichnet,**

– dass am ersten Gehäuseteil (57, 57a) ein erster Ring (37) mit ersten Rastelementen (43; 69) am Innenumfang vorgesehen ist und ein zweiter Ring (38) mit zweiten Rastelementen (44; 68) am Außenumfang vorgesehen ist

– dass am zweiten Gehäuseteil (56) zumindest eine Kinematik (50; 51; 52) mit wenigstens einem ersten Gegenrastelement (45; 67) vorgesehen ist, das zumindest mit den ersten Rastelementen (43; 69) zusammenwirkt und gegebenenfalls wenigstens ein zweites Gegenrastelement (46) vorgesehen ist, das nur mit den zweiten Rastelementen (44; 68) zusammenwirkt, wobei diese Kinematik eingerichtet ist dieses erste Gegenrastelement (45; 67) und das gegebenenfalls vorhandene zweite Gegenrastelement (46) so zwischen den beiden Ringen (37, 38) hin und her zu bewegen, dass entweder das erste Gegenrastelement (45; 67) in eine Einrastposition mit zumindest einem ersten Rastelement (43; 69) des ersten Ringes (37) gebracht ist, oder das erste Gegenrastelement (69) und/oder das gegebenenfalls vorhandene zweite Gegenrastelement (46) in eine Einrastposition mit zumindest einem zweiten Rastelement (44;

68) des zweiten Ringes (38) gebracht ist oder das erste Gegenrastelement (45; 67) und das gegebenenfalls vorhandene zweite Gegenrastelement (46) in eine Ausrastposition gebracht ist/sind

– dass das erste Gegenrastelement (45) relativ zu dem gegebenenfalls vorhandenen zweiten Gegenrastelement (46) und/oder die ersten Rastelemente (43; 69) relativ zu den zweiten Rastelementen (44; 68) bezogen auf den Drehwinkel ( $\alpha$ ) des Drehgelenkes (14) jeweils so versetzt zueinander angeordnet sind, so dass sich durch die Einrastpositionen des ersten Gegenrastelementes (45; 67) mit zumindest einem Rastelement (43; 69) des ersten Ringes (37) die beiden Gehäuseteile in einer Vielzahl von ersten Drehstellungen ( $\alpha_1$ ) rasten lassen, und sich durch die Einrastpositionen des ersten Gegenrastelementes (45; 67) und/oder des gegebenenfalls vorhandenen zweiten Gegenrastelementes (46) mit zumindest einem Rastelement (44; 68) des zweiten Ringes (37) die beiden Gehäuseteile in einer Vielzahl von zweiten Drehstellungen ( $\alpha_2$ ) rasten lassen und dass jede der ersten Drehstellungen ( $\alpha_1$ ) sich von jeder der zweiten Drehstellungen ( $\alpha_2$ ) unterscheidet.

2. Dreheinheit nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei am zweiten Gehäuseteil (56) zumindest eine weitere Kinematik (64; 42) oder mehrere weitere Kinematiken vorgesehen ist/sind, wobei diese weitere Kinematik (64; 42)/weiteren Kinematiken genauso arbeitet/arbeiten, wie die erste Kinematik (50).

3. Dreheinheit nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei zumindest eine weitere Kinematik (64) relativ zur ersten Kinematik (50) so versetzt angeordnet ist, dass alle ersten Drehstellungen ( $\alpha_1$ ) und auch alle zweiten Drehstellungen ( $\alpha_2$ ), die sich mit der ersten Kinematik (50) rasten lassen sich von allen ersten Drehstellungen ( $\alpha_3$ ) und allen zweiten Drehstellungen ( $\alpha_4$ ) unterscheiden, die sich mit dieser weiteren Kinematik (64) rasten lassen.

4. Dreheinheit nach Anspruch 2 oder Anspruch 3, wobei zumindest eine weitere Kinematik (42) oder mehrere weitere Kinematiken relativ zur ersten Kinematik (50) so versetzt angeordnet ist/sind, dass alle ersten Drehstellungen ( $\alpha_1$ ) und auch alle zweiten Drehstellungen ( $\alpha_2$ ), die sich mit der ersten Kinematik (50) rasten lassen allen ersten Drehstellungen ( $\alpha_1$ ) und allen zweiten Drehstellungen ( $\alpha_2$ ) entsprechen, die sich mit dieser weiteren Kinematik (42) oder diesen weiteren Kinematiken rasten lassen.

5. Dreheinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der größte Außendurchmesser des zweiten Rings (38) geringer ist als der geringste Innendurchmesser des ersten Rings (37).

6. Dreheinheit nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der zweite Ring (38) sich innerhalb des ersten Ringes (37) befindet.

7. Dreheinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Rastelemente und/oder die Gegenrastelemente Zähne einer Verzahnung sind.

8. Dreheinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest eine Kinematik (50) einen Antrieb (25; 53) umfasst, durch den das erste Gegenrastelement (45; 67) und das gegebenenfalls vorhandene zweite Gegenrastelement (46) bewegt werden können.

9. Dreheinheit nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Antrieb ein Piezoantrieb (53) ist.

10. Dreheinheit nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kinematik (50) zur Bewegung des ersten Gegenrastelementes (45; 67) und des gegebenenfalls vorhandenen zweiten Gegenrastelementes (46) neben dem Antrieb eine Führung aufweist.

11. Dreheinheit nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Führung ein Federparallelogramm (28a–28d) ist, das eine Linearführung ermöglicht oder ein Federgelenk (12) ist, das eine Rotation ermöglicht.

12. Dreheinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als Drehlager Schrägkugellager (16a, 16b) oder Schrägwalzenlager vorgesehen sind.

13. Dreheinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Dreheinheit eine Dreh-Schwenkeinheit ist, die zumindest zwei Drehgelenke (14, 15) aufweist, deren Drehachsen (A, B) senkrecht aufeinander stehen, wobei zumindest ein erstes der beiden Drehgelenke (14) nach dem vorhergehenden Anspruch ausgestaltet ist, wobei durch jedes der Schrägkugellager (16a, 16b) oder der Schrägwalzenlager dieses Drehgelenkes (14) auf der Drehachse (A) des Drehgelenkes (14) jeweils ein Einspannpunkt ( $E_{16a}$ ,  $E_{16b}$ ) definiert ist, wobei der Einspannpunkt ( $E_{16b}$ ) von einem der Schrägkugellager (16b) oder Schrägwalzenlager genau auf der Drehachse (B) des zweiten Drehgelenkes (15) liegt.

14. Dreheinheit nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das zweite Drehgelenk (15) Kugellager oder Walzenlager, insbesondere Schrägkugellager (40a, 40b) oder Schrägwalzenlager aufweist, wobei der Abstand dieser Kugellager oder Schrägwalzenlager von dem besagten Einspannpunkt ( $E_{16b}$ ) jeweils gleich groß ist.

15. Dreheinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Dreheinheit zusätzlich umfasst

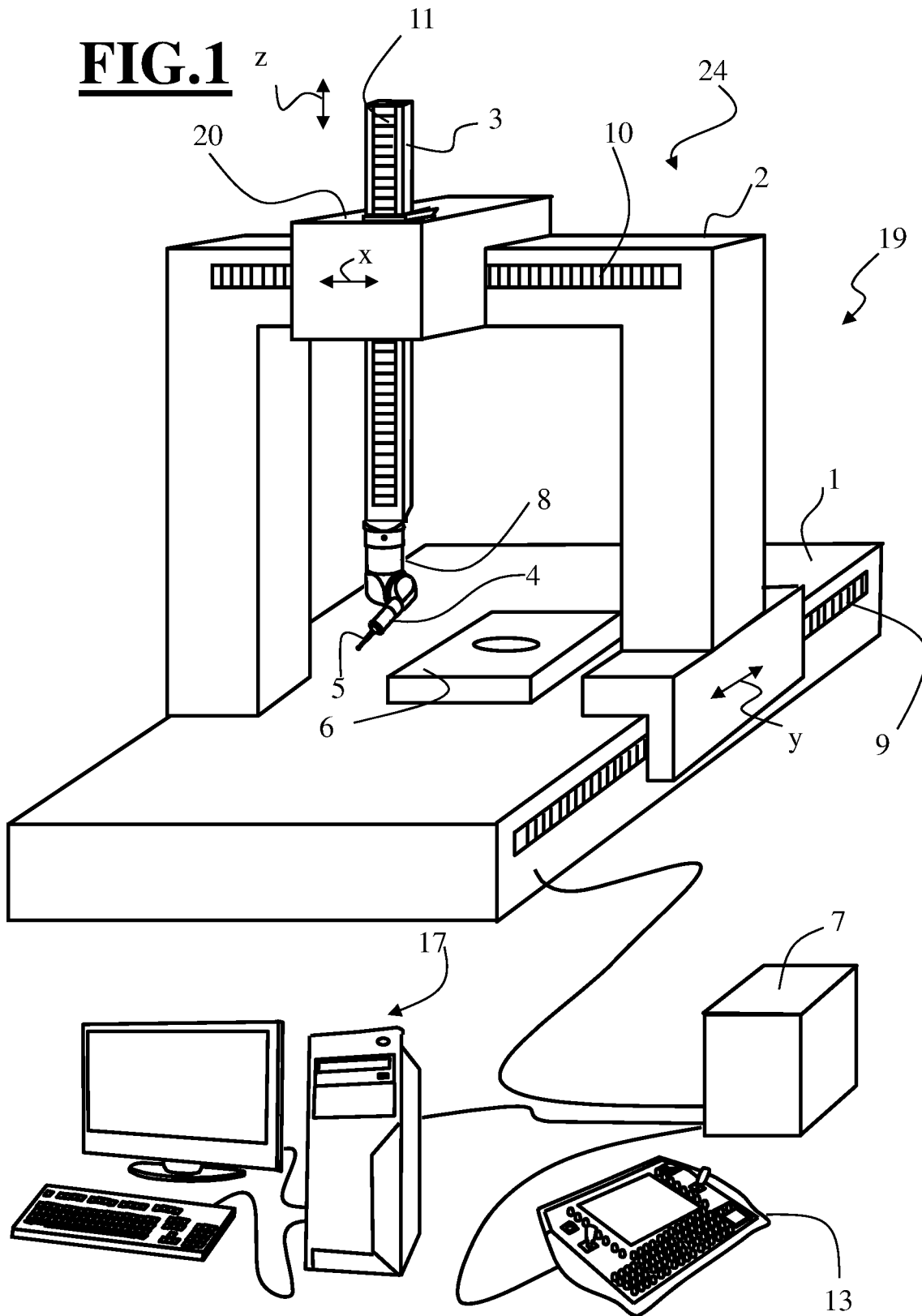
– einen Drehantrieb (32), mit dem die Drehung der Gehäuseteile (56; 57, 57a) relativ zueinander angetrieben werden kann,

– einen Winkelgeber (21, 22), der abhängig vom jeweiligen Drehwinkel zwischen dem ersten Gehäuseteil (57, 57a) und dem zweiten Gehäuseteil (56) die jeweilige Winkelstellung ( $\alpha$ ) liefert.

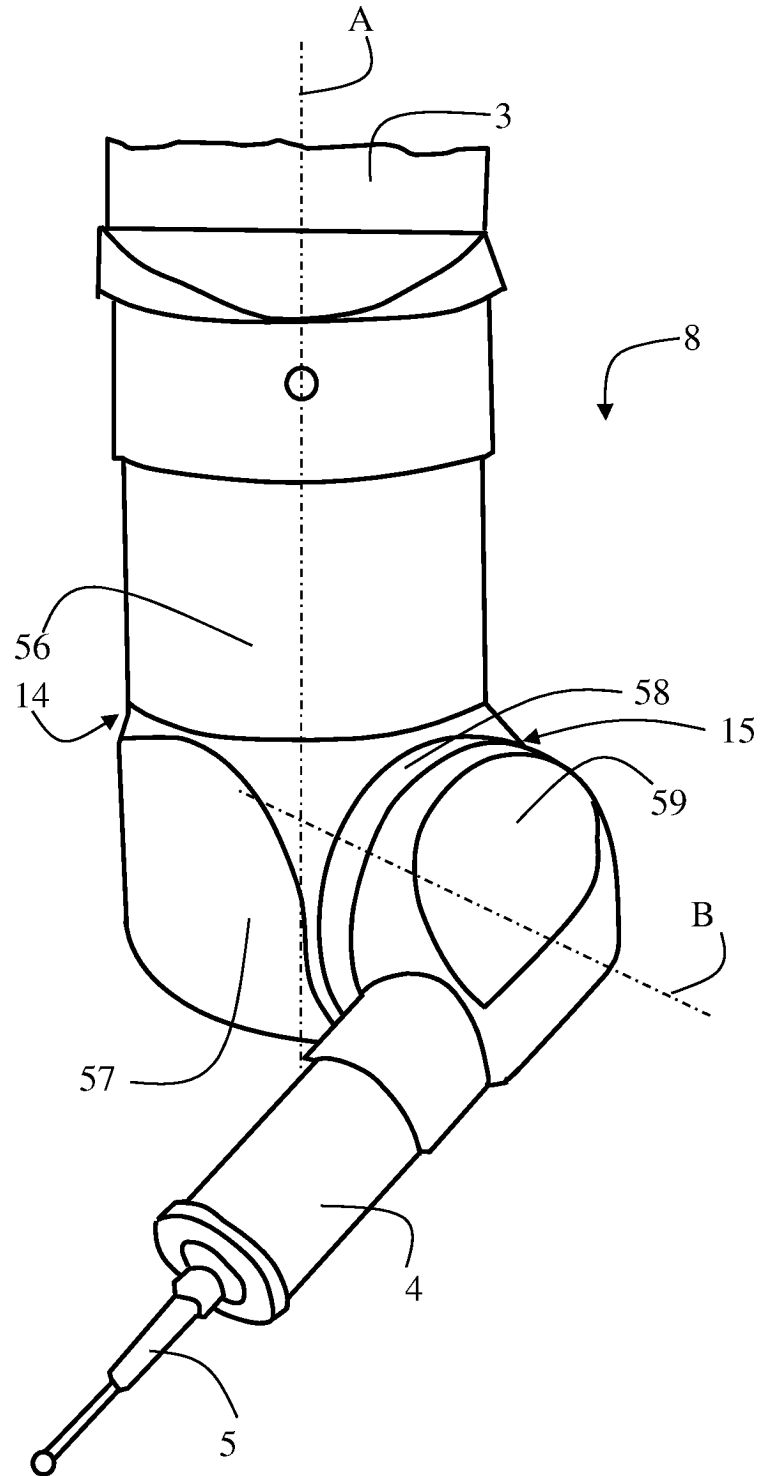
16. Dreheinheit nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Dreheinheit zusätzlich ein Steuerungsmodul mit einem oder mehreren Mikroprozessoren umfasst, die dazu eingerichtet sind, die Kinematiken anzusteuern und/oder den Drehantrieb anzusteuern und/oder den Winkelgeber auszulesen.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

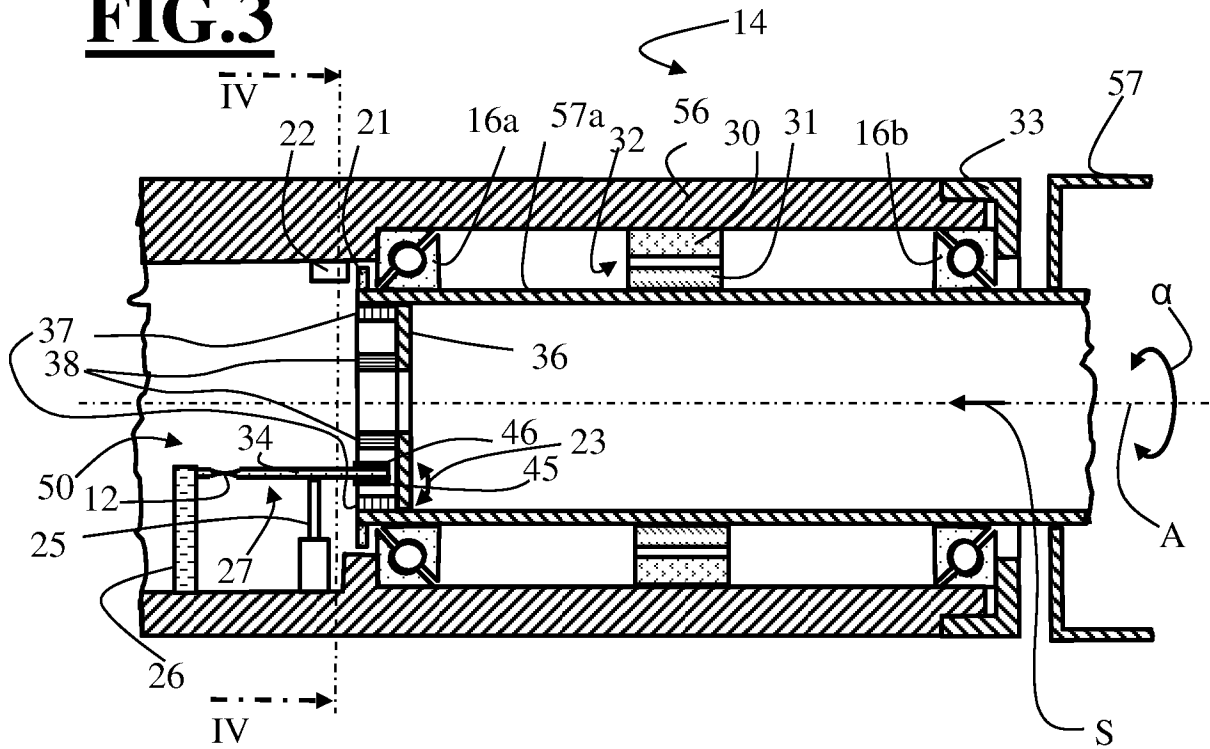
Anhängende Zeichnungen



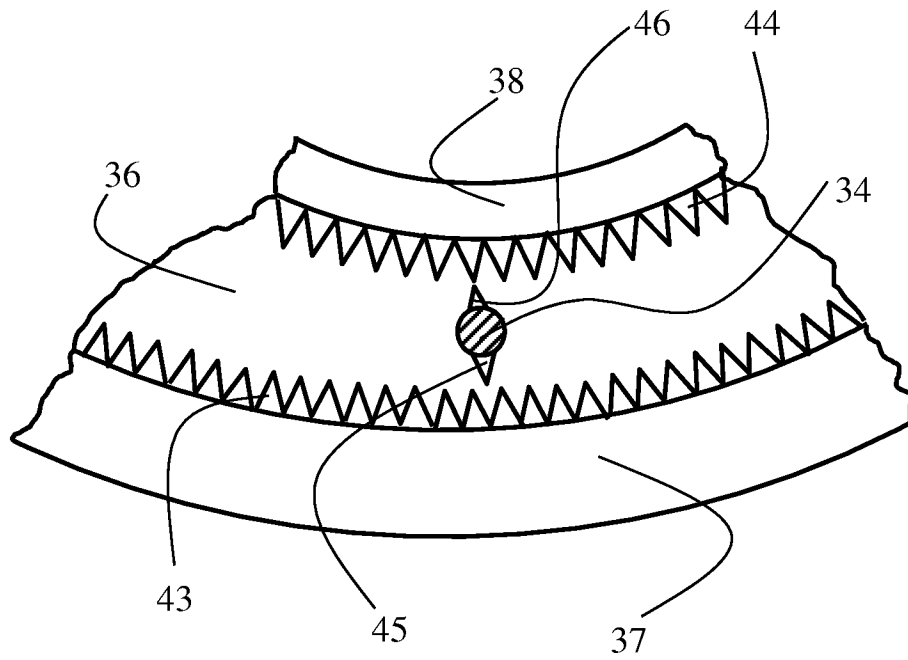
**FIG.2**



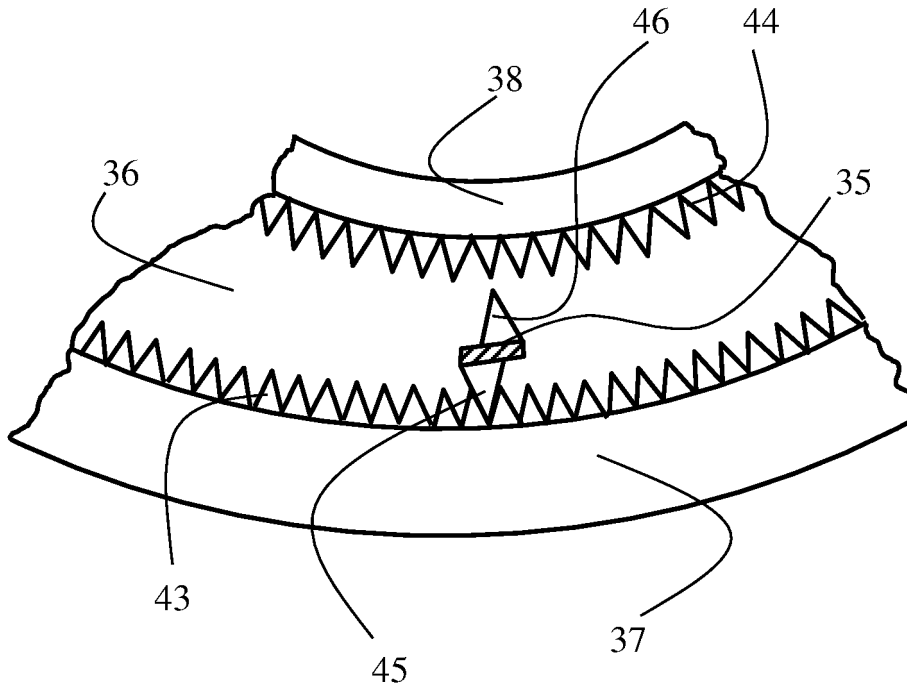
**FIG.3**



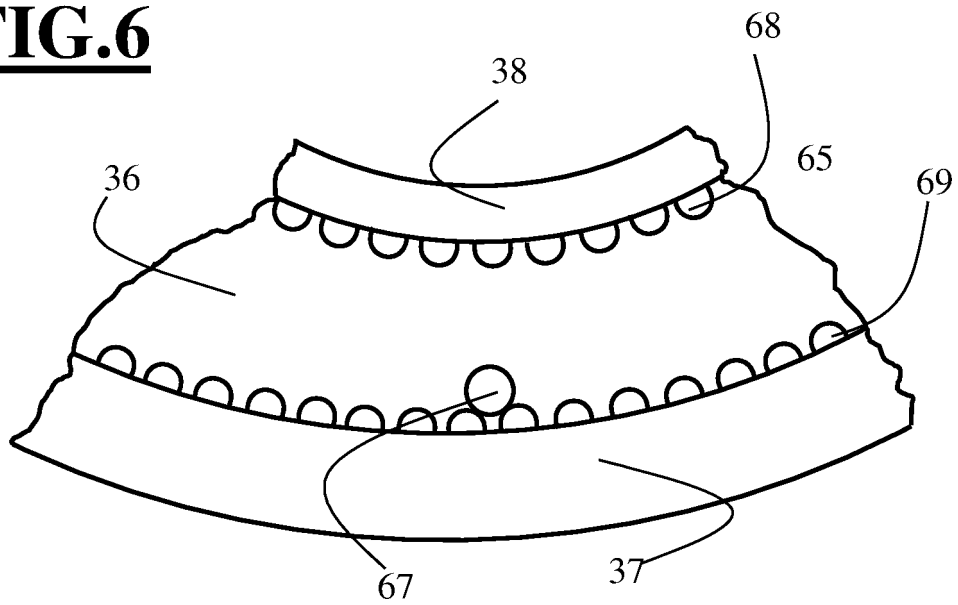
**FIG.4**



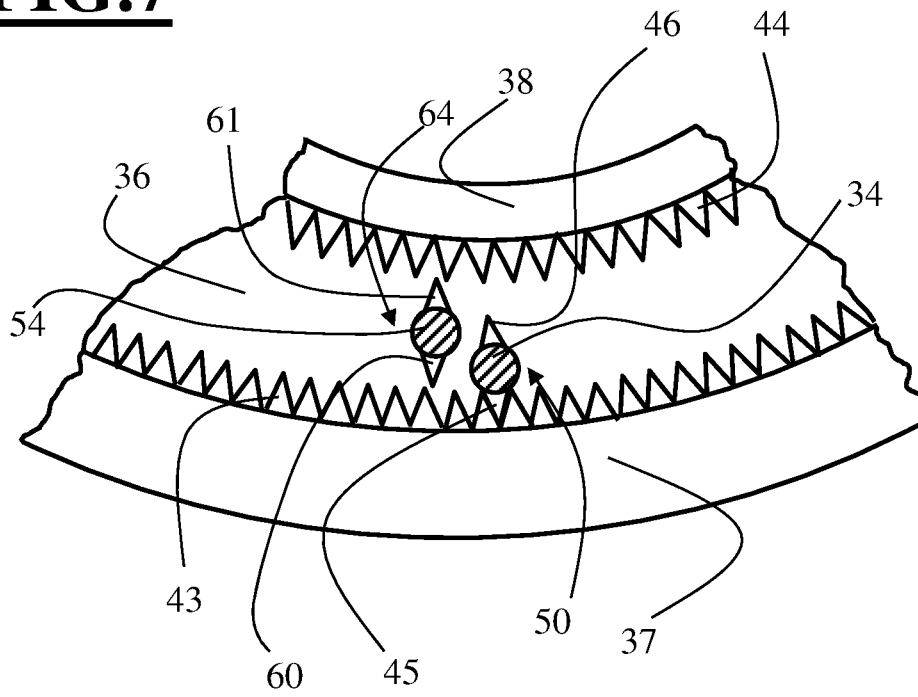
**FIG.5**



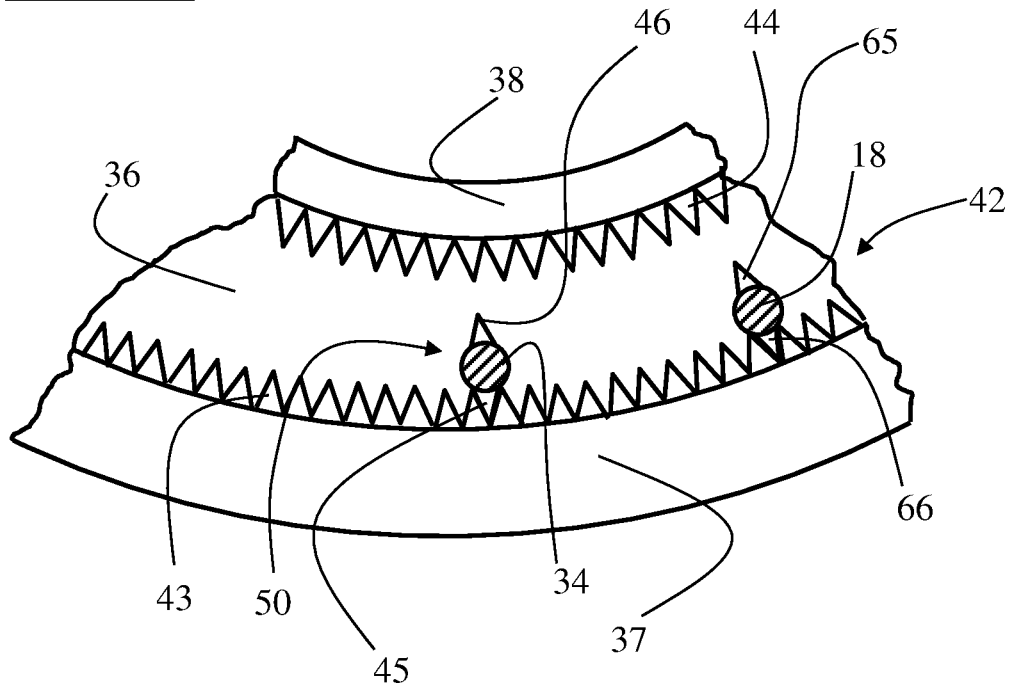
**FIG.6**



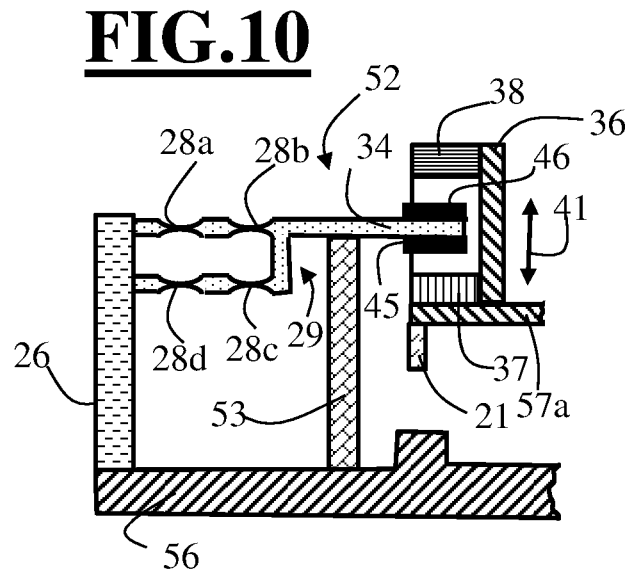
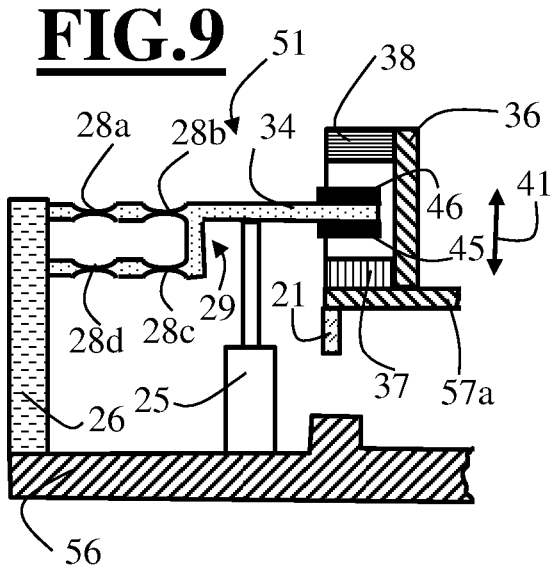
**FIG.7**



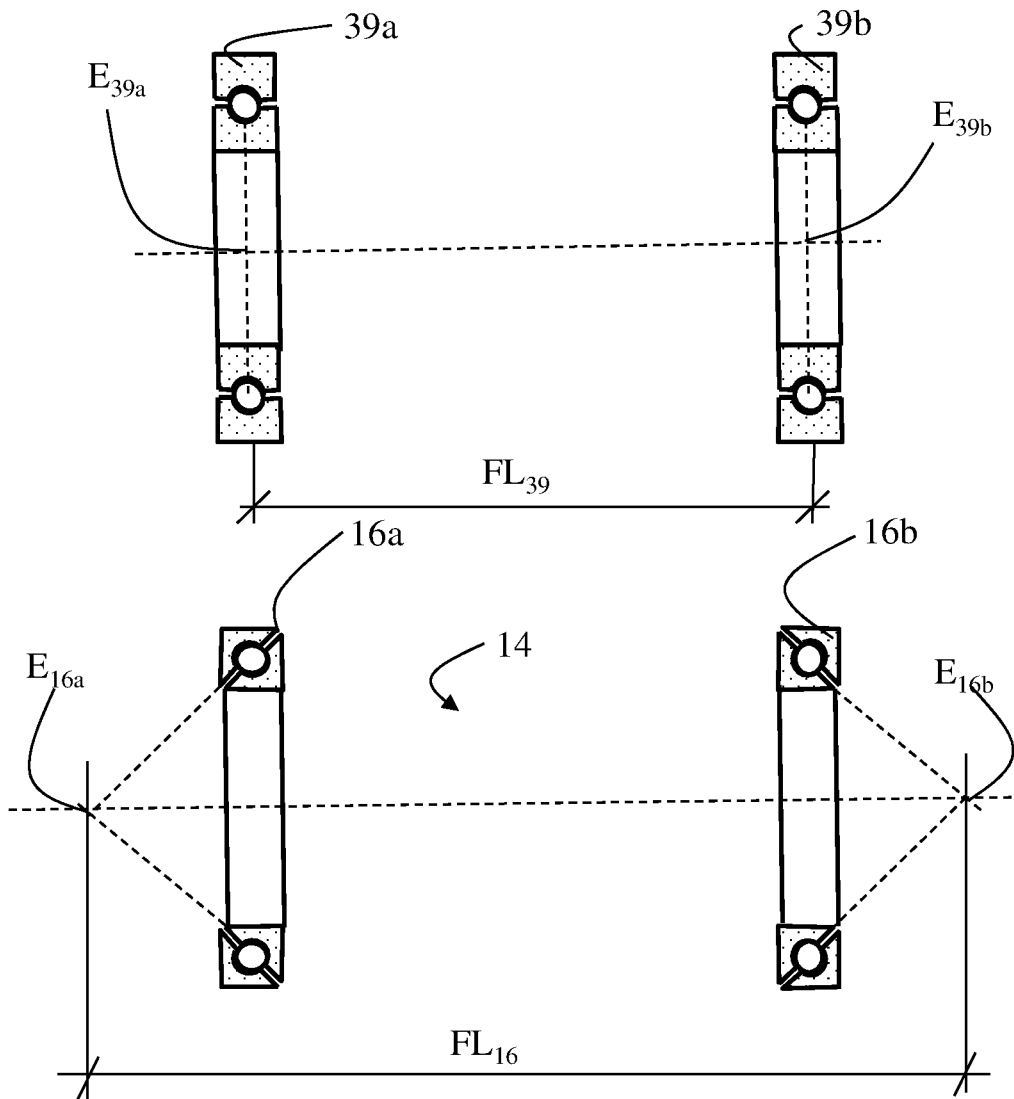
**FIG.8**



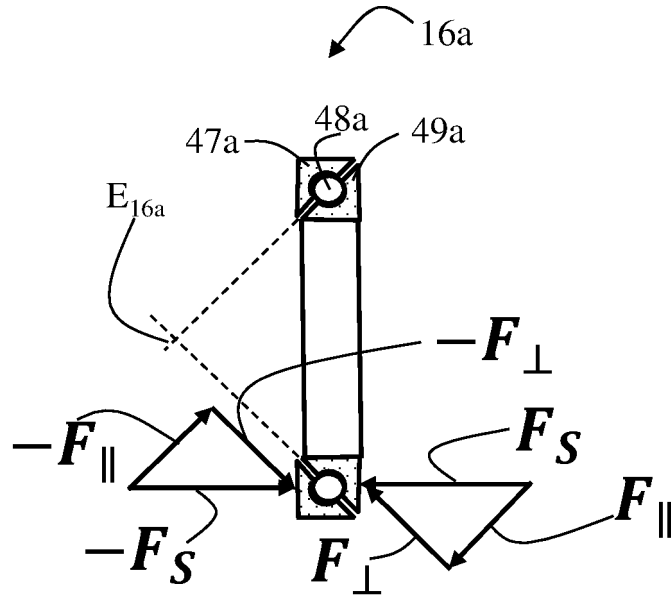




**FIG. 11**



**FIG.12**



**FIG.13**

