

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
4. Februar 2016 (04.02.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/015775 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01B 5/012 (2006.01) **G01B 5/016** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/066556
- (22) Internationales Anmeldedatum:
31. Juli 2014 (31.07.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (71) Anmelder: **CARL ZEISS INDUSTRIELLE
MESSTECHNIK GMBH** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse
22, 73447 Oberkochen (DE).
- (72) Erfinder: **RUCK, Otto**; Nelkenstrasse 9, 73479
Ellwangen-Pfahlheim (DE). **MUELLER, Peter**;
Hoelderlinstrasse 6, 78727 Oberndorf a/N (DE).
- (74) Anwalt: **WITTE, WELLER &
PARTNERPATENTANWÄLTE MBB**; Postfach 10 54
62, 70047 Stuttgart (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SCANNING HEAD FOR A COORDINATE MEASURING DEVICE

(54) Bezeichnung : TASTKOPF FÜR EIN KOORDINATENMESSGERÄT

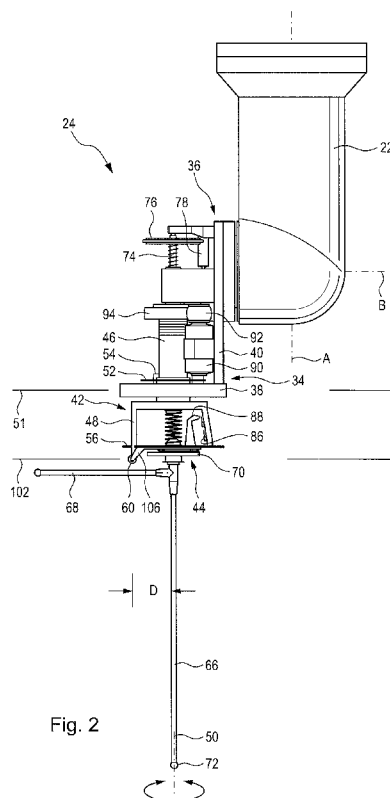


Fig. 2

(57) **Abstract:** A scanning head (24) for a coordinate measuring device (10) has a first scanning head part (34), on which a first changing interface (36) is arranged, which is designed to couple the scanning head to the coordinate measuring device. A second scanning head part (42) is coupled to the first scanning head part (34) and can be rotated in relation to the first scanning head part (34) about a first axis (50). A third scanning head part (44) is coupled to the second scanning head part (42) and can be pivoted in relation to the second scanning head part (42) about a second axis (62). The first and the second axis lie askew in relation to each other. A first actuator (78) is designed to pivot the third scanning head part (44) about the second axis (62). This occurs by means of a push rod (74), which is coupled to the third scanning head part (44) at a lateral distance (D) from the second axis (62). The first actuator (78) moves the push rod (74) in a longitudinal direction (80) in order to pivot the third scanning head part (44) in relation to the second scanning head part (42).

(57) **Zusammenfassung:** Ein Tastkopf (24) für ein Koordinatenmessgerät (10) besitzt ein erstes Tastkopfteil (34), an dem eine erste Wechselschnittstelle (36) angeordnet ist, die zur Ankopplung des Tastkopfes an das Koordinatenmessgerät ausgebildet ist. Ein zweites Tastkopfteil (42) ist mit dem ersten Tastkopfteil (34) gekoppelt und relativ zu dem ersten

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Tastkopfteil (34) um eine erste Achse (50) drehbar. Ein drittes Tastkopfteil (44) ist mit dem zweiten Tastkopfteil (42) gekoppelt und relativ zu dem zweiten Tastkopfteil (42) um eine zweite Achse (62) verschwenkbar. Die erste und die zweite Achse liegen windschief zueinander. Ein erster Aktor (78) ist dazu ausgebildet, das dritte Tastkopfteil (74) um die zweite Achse (62) zu verschwenken. Dies erfolgt mithilfe einer Schubstange (74), die mit dem dritten Tastkopfteil (44) in einem seitlichen Abstand (D) zu der zweiten Achse (62) gekoppelt ist. Der erste Aktor (78) bewegt die Schubstange (74) in einer Längsrichtung (80), um das dritte Tastkopfteil (44) relativ zu dem zweiten Tastkopfteil (42) zu verschwenken.

Tastkopf für ein Koordinatenmessgerät

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Tastkopf für ein Koordinatenmessgerät zum Bestimmen von Messpunktkoordinaten an einem Werkstück, mit einem ersten Tastkopfteil, an dem eine erste Wechselschnittstelle angeordnet ist, die zur Ankopplung des Tastkopfes an das Koordinatenmessgerät ausgebildet ist, mit einem zweiten Tastkopfteil, das mit dem ersten Tastkopfteil gekoppelt ist und das relativ zu dem ersten Tastkopfteil um eine erste Achse drehbar ist, mit einem dritten Tastkopfteil, das mit dem zweiten Tastkopfteil gekoppelt ist und das relativ zu dem zweiten Tastkopfteil um eine zweite Achse verschwenkbar ist, wobei die erste und zweite Achse windschief zueinander liegen, und mit einem ersten Aktor, der dazu ausgebildet ist, das dritte Tastkopfteil um die zweite Achse zu verschwenken.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner ein Koordinatenmessgerät zum Bestimmen von Messpunktkoordinaten an einem Werkstück, mit einer Werkstückaufnahme für das Werkstück, mit einem Haltegestell, an dem ein Tastkopf befestigt ist, und mit einer Auswerte- und Steuereinheit, die dazu ausgebildet ist, den Tastkopf mithilfe des Haltegestells in eine definierte Position relativ zu der Werkstückaufnahme zu bringen und Messpunktkoordinaten an dem Werkstück in Abhängigkeit von der definierten Position zu bestimmen, wobei der Tastkopf über ein Dreh-Schwenk-Gelenk mit zwei verschiedenen Drehachsen an dem Haltegestell befestigt ist.

[0003] Ein solcher Tastkopf und ein entsprechendes Koordinatenmessgerät sind beispielsweise aus EP 0 317 967 A2 bekannt.

[0004] Ein Koordinatenmessgerät im Sinne der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung, mit der ausgewählte Messpunkte an einem Messobjekt mithilfe des Tastkopfes erfasst und einem definierten Koordinatensystem zugeordnet werden können. Die Zuordnung beinhaltet, dass Koordinaten für die ausgewählten Messpunkte bestimmt werden, wobei die Koordinaten die Lage des jeweiligen Messpunktes in dem definierten Koordinatensystem repräsentieren. Häufig ist das Koordinatensystem ein dreidimensionales Koordinatensystem, so dass die Messpunktkoordinaten die räumliche Lage des Messpunktes repräsentieren. Das Bestimmen einer Vielzahl von Messpunktkoordinaten

für eine Vielzahl von Messpunkten macht es möglich, geometrische Eigenschaften eines Werkstücks zu vermessen, wie etwa den Durchmesser einer Bohrung, den Abstand zwischen zwei Werkstückkanten oder die Höhe eines Vorsprungs an dem Werkstück. Selbst eine komplexe 3D-Freiform eines Werkstücks, wie etwa die Form einer Turbinenschaufel, kann durch Aufnahme einer Vielzahl von Messpunkten an dem Werkstück vermessen werden.

[0005] Typischerweise ist der Tastkopf des Koordinatenmessgerätes innerhalb eines definierten Messvolumens relativ zu der Werkstückaufnahme beweglich. Mithilfe des Tastkopfes werden die ausgewählten Messpunkte an dem Werkstück erfasst. Die Messpunktkoordinaten werden dann anhand der Position des Tastkopfes relativ zu der Werkstückaufnahme und anhand der Position des Tastkopfes relativ zu den erfassten Messpunkten bestimmt. Daher besitzt der Tastkopf in der Regel einen Sensor, mit dessen Hilfe die Position des Tastkopfes relativ zu einem oder mehreren ausgewählten Messpunkt bestimmt werden kann. Häufig beinhaltet der Sensor ein Tastelement, insbesondere einen Taststift mit einem kugelförmigen Ende, mit dessen Hilfe ein ausgewählter Messpunkt berührt wird. Darüber hinaus gibt es jedoch auch Tastköpfe mit berührungslosen Sensoren, beispielsweise mit optischen Sensoren, die die Position eines Messpunktes relativ zum Tastkopf mithilfe von Methoden der Bildverarbeitung, interferometrisch und/oder mithilfe einer Lasertriangulation bestimmen.

[0006] Die eingangs genannte EP 0 317 967 A2 offenbart ein Koordinatenmessgerät mit einem zweiachsigen Dreh-Schwenk-Gelenk, mit dessen Hilfe der Tastkopf mit dem Sensor in verschiedene Orientierungen (Winkelstellungen) relativ zu einem Werkstück gebracht werden kann. Dies macht es insbesondere möglich, einen Taststift in eine optimale Position relativ zu einem Werkstückmerkmal zu bringen, beispielsweise um eine horizontal verlaufende Bohrung an dem Werkstück zu vermessen. Alternativ zu dem taktilen Tastkopf könnte an dem Dreh-Schwenk-Gelenk ein berührungsloser Triangulationstastkopf befestigt und ebenfalls in eine günstige Orientierung relativ zu einem Werkstück gebracht werden.

[0007] Das Koordinatenmessgerät mit dem Dreh-Schwenk-Gelenk gemäß EP 0 317 967 A2 hat sich in vielen praktischen Anwendungen bewährt. Gleichwohl gibt es

Messaufgaben, für die das bekannte Koordinatenmessgerät noch nicht optimal ist, weil etwa eine optimale Orientierung des Taststiftes mithilfe der zwei Dreh- bzw. Schwenkachsen während eines kontinuierlichen Scanvorgangs nicht ohne weiteres möglich ist.

[0008] Aus US 7,503,125 B2 ist ein Koordinatenmessgerät mit einem Tastkopf bekannt, der über ein sechsachsiges Dreh-Schwenk-Gelenk an das Koordinatenmessgerät angekoppelt ist. Ein solches Dreh-Schwenk-Gelenk ermöglicht nahezu beliebige Orientierungen des Tastkopfes im Raum. Allerdings ist ein solches Dreh-Schwenk-Gelenk sehr aufwändig und schwer und es benötigt relativ viel Platz innerhalb des zur Verfügung stehenden Messvolumens eines Koordinatenmessgerätes.

[0009] Aus US 2006/0010701 A1 ist ein Tastkopf für ein Koordinatenmessgerät bekannt, wobei der Tastkopf selbst zwei integrierte Dreh-/Schwenk-Antriebe aufweist, um den Taststift in unterschiedliche Orientierungen bringen zu können. In einigen Ausführungsbeispielen ist der Taststift seitlich versetzt zu einer oder beiden Drehachsen angeordnet, um bei einem in die Horizontale verschwenkten Taststift verschiedene Höhenlagen in vertikaler Richtung zu ermöglichen. Die Hinzufügung einer weiteren Drehachse oder der Austausch des Tastelements gegen einen anderen Sensor sind bei diesem Tastkopf jedoch nicht ohne weiteres möglich. Daher ist auch dieser Tastkopf in seinen Einsatzmöglichkeiten noch nicht optimal.

[0010] Ein weiterer Tastkopf mit einer integrierten Dreh-Schwenk-Einheit ist aus EP 1 602 900 A2 bekannt. Der bekannte Tastkopf besitzt zwei elektrische Antriebe, die nicht nur benötigt werden, um die aktuelle Orientierung des Taststiftes zu verändern, sondern auch um den Taststift in seiner aktuellen Orientierung zu halten. Dementsprechend müssen die elektrischen Antriebe während einer Messung mit dem Tastkopf bestromt sein, was dauerhaft Wärme in dem Tastkopf erzeugt. Der Austausch des Sensors oder die Ergänzung einer weiteren Dreh- oder Schwenkachse erscheinen auch in diesem Fall problematisch.

[0011] DE 10 2007 022 326 A1 offenbart ein Koordinatenmessgerät mit einem passiven Dreh-Schwenk-Gelenk, d.h. mit einem Dreh-Schwenk-Gelenk, das ohne inte-

grierte elektrische Antriebe auskommt. Das Dreh-Schwenk-Gelenk besitzt zwei von außen zugängliche Zahnräder, die jeweils gedreht werden können, indem der Tastkopf mithilfe der Antriebe des Koordinatenmessgerätes relativ zu einer Zahnstange linear verfahren wird. Dieser passive Dreh-Schwenk-Mechanismus minimiert somit einen Wärmeeintrag im Bereich des Tastelements, was im Hinblick auf die Messgenauigkeit wünschenswert ist. Eine Verstellung des Tastelements ist hier allerdings zeitaufwändig und nur schwer während eines kontinuierlichen Scanvorgangs denkbar.

[0012] Generell besteht der Wunsch, einen Sensor zur Erfassung von Messpunkten an einem Messobjekt möglichst flexibel im Raum orientieren zu können, um möglichst viele verschiedene Messpunkte an einem Werkstück erfassen zu können, ohne die Position und Lage des Werkstücks ändern zu müssen. Wünschenswert ist ferner, verschiedene Tastköpfe mit unterschiedlichen Sensorprinzipien und/oder Tastelementen an einem Koordinatenmessgerät verwenden zu können, weil die verschiedenen Sensorprinzipien und Tastelemente jeweils unterschiedliche Vor- und Nachteile haben und somit für eine bestimmte Messaufgabe verschiedene Tastelemente und Sensorprinzipien vorteilhaft sein können. Darüber hinaus ist es wünschenswert, wenn der Tastkopf eines Koordinatenmessgerätes möglichst leicht und kompakt ist, damit er schnelle Bewegungen des Koordinatenmessgerätes im Messablauf ermöglicht und das zur Verfügung stehende Messvolumen möglichst wenig beeinträchtigt.

[0013] Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Tastkopf für ein Koordinatenmessgerät anzugeben, der eine noch größere Flexibilität bietet, um verschiedene Messaufgaben schnell und mit hoher Genauigkeit ausführen zu können. Es ist ferner eine Aufgabe der Erfindung, ein Koordinatenmessgerät anzugeben, das mit einem solchen Tastkopf verschiedene Messaufgaben mit großer Flexibilität und Genauigkeit ausführen kann.

[0014] Nach einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird diese Aufgabe durch einen Tastkopf der eingangs genannten Art gelöst, mit einer Schubstange, die mit dem dritten Tastkopfteil in einem seitlichen Abstand zu der zweiten Achse gekoppelt ist, wobei der erste Aktor die Schubstange in einer Längsrichtung bewegt, um das dritte Tastkopfteil relativ zu dem zweiten Tastkopfteil zu verschwenken.

[0015] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird diese Aufgabe durch ein Koordinatenmessgerät der eingangs genannten Art gelöst, wobei ein solcher Tastkopf an dem Dreh-Schwenk-Gelenk angeordnet ist.

[0016] Der neue Tastkopf besitzt zwei integrierte Dreh- bzw. Schwenkachsen, die windschief zueinander liegen. Windschief bedeutet, dass sich die beiden Achsen im Raum nicht schneiden und auch nicht parallel zueinander verlaufen. Vorzugsweise sind die beiden Achsen mit einem definierten Abstand orthogonal zueinander angeordnet, so dass das dritte Tastkopfteil um zwei orthogonal zueinander angeordnete Raumachsen gedreht oder verschwenkt werden kann. Die Drehbewegung um die erste Achse ist vorteilhafterweise kontinuierlich und unbegrenzt möglich, während die Schwenkbewegung um die zweite Achse auf einen definierten Schwenkwinkel von beispielsweise $\pm 45^\circ$ begrenzt ist. Prinzipiell könnten die erste und zweite Achse aber auch nicht-orthogonal zueinander angeordnet sein und somit einen anderen Winkel als 90° einschließen.

[0017] Die erste und zweite Achse sind hier bewusst windschief zueinander angeordnet, d.h. die windschiefe Anordnung der beiden Achsen ist keine unerwünschte Folge von Fertigungstoleranzen, sondern dauerhaft konstruktiv angelegt. Im Gegensatz dazu ist die windschiefe Anordnung der Dreh- und Schwenkachse bei dem Koordinatenmessgerät aus EP 0 317 967 A2 ein unerwünschtes Merkmal, das im Rahmen der Kalibrierung des Dreh-Schwenk-Gelenks berücksichtigt wird. Der neue Tastkopf nutzt den konstruktiv angelegten seitlichen Abstand zwischen der ersten und zweiten Achse bewusst, um das dritte Tastkopfteil mithilfe der Schubstange relativ zu dem zweiten Tastkopfteil zu verschwenken. Der seitliche Abstand zwischen der ersten und zweiten Achse dient also dazu, um mithilfe einer einfachen Bewegung in Längsrichtung die Schwenkbewegung des dritten Tastkopfteils relativ zu dem zweiten Tastkopfteil zu bewirken.

[0018] Die bewusst windschiefe Anordnung der ersten und zweiten Achse in Verbindung mit der Schubstange ermöglicht eine sehr leichte und kompakte Integration der beiden Bewegungsachsenachsen in den neuen Tastkopf. Dadurch ist es in vorteilhafter Weise möglich, den Tastkopf mit integrierten Bewegungsachsen an einem Dreh-Schwenk-Gelenk mit weiteren Bewegungsachsen anzuordnen. Insgesamt bietet eine solche Kombination dann vier weitgehend unabhängige Dreh- und Schwenkachsen und

damit eine große Flexibilität bei der Orientierung des Tastkopfes im Raum. Die Kombination des neuen Tastkopfes mit einem Dreh-Schwenk-Gelenk ist besonders vorteilhaft zum schnellen taktilen Scannen von komplexen Werkstücken, weil das Tastelement um die vier Dreh- und Schwenkachsen bewegt werden kann und somit einer komplexen Werkstückgeometrie sehr gut folgen kann. Beispielsweise kann mithilfe des neuen Tastkopfes an einem Dreh-Schwenk-Gelenk eine schräge Kegolverzahnung an einem Werkstück in sehr vorteilhafter Weise ohne einen Rundtisch oder eine andere drehbare Werkstückaufnahme vermessen werden. Darüber hinaus vereinfacht der neue Tastkopf in sehr vorteilhafter Weise schwierige Messungen in sehr engen Werkstückgeometrien.

[0019] Des Weiteren kann der Tastkopf aufgrund seiner leichten und kompakten Konstruktion sehr gut an einem Dreh-Schwenk-Gelenk eingesetzt werden, an dem alternativ auch andere Tastköpfe, insbesondere berührungslose Tastköpfe, eingesetzt werden können. Daher bietet der neue Tastkopf eine besonders große Flexibilität. Auch sehr komplexe Messaufgaben können schnell und mit hoher Genauigkeit durchgeführt werden. Die oben genannte Aufgabe ist vollständig gelöst.

[0020] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung verläuft die Längsrichtung parallel zu der ersten Achse und insbesondere entlang der ersten Achse.

[0021] In bevorzugten Ausführungsbeispielen dieser Ausgestaltung ist die Schubstange parallel zu der ersten Achse und insbesondere entlang der ersten Achse angeordnet. Das zweite Tastkopfteil dreht sich in diesem Fall um die Schubstange herum. Dies ermöglicht eine besonders kompakte Realisierung, die sich zudem gut austarieren lässt. Aber auch wenn die Schubstange nicht genau auf der ersten Achse angeordnet ist, ermöglicht diese Ausgestaltung eine sehr kompakte und leichtbauende Realisierung. Besonders vorteilhaft ist diese Ausgestaltung, wenn die erste und zweite Achse orthogonal zueinander angeordnet sind, weil die Schubstange in diesem Fall sehr wirkungsvoll ein Drehmoment um die zweite Achse erzeugt. Der erste Aktor kann dann relativ klein und leichtbauend sein.

[0022] In einer weiteren Ausgestaltung beinhaltet der Tastkopf eine Hohlwelle, über die das zweite Tastkopfteil drehbar an dem ersten Tastkopfteil angeordnet ist, wobei die Schubstange in der Hohlwelle verläuft.

[0023] Auch diese Ausgestaltung trägt zu einer sehr kompakten und leichtbauenden Realisierung vorteilhaft bei. Sie ermöglicht außerdem eine günstige Gewichtsverteilung. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Schubstange und die Hohlwelle konzentrisch zu einer Geraden liegen, auf der auch ein an dem Tastkopf angeordneter Taststift mit seiner Längsachse liegt. Schubstange, Hohlwelle und Taststift definieren in dieser vorteilhaften Variante eine gemeinsame Längsachse, um die sich das zweite Tastkopfteil relativ zu dem ersten Tastkopfteil dreht und entlang der die Schubstange bewegt wird, um das dritte Tastkopfteil relativ zu dem zweiten Tastkopfteil zu verschwenken.

[0024] In einer weiteren Ausgestaltung beinhaltet die Schubstange eine Spindel, die von dem ersten Aktor angetrieben wird. Vorzugsweise ist der erste Aktor ein Elektromotor, der über einen Reibschluss und/oder einen Formschluss mit der Schubstange gekoppelt ist. In einigen Ausgestaltungen kann der erste Aktor ein Linearantrieb sein. In einem derzeit bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der erste Aktor hingegen ein Elektromotor, der eine Drehbewegung erzeugt.

[0025] Diese Ausgestaltung ermöglicht einen hohen Wirkungsgrad, so dass ein vergleichsweise kleiner und leichtbauender Aktor zum Verschwenken des dritten Tastkopfteils genügt. Außerdem kann diese Ausgestaltung sehr kostengünstig realisiert werden. Zudem ermöglicht die Spindel eine einfache Selbsthaltung, so dass der erste Aktor nur in Betrieb genommen werden muss, um die Schwenkposition des dritten Tastkopfteils relativ zu dem zweiten Tastkopfteil zu verändern. Sobald das dritte Tastkopfteil eine gewünschte Schwenkposition erreicht hat, kann der erste Aktor abgeschaltet werden, was vorteilhaft ist, um eine betriebsbedingte Erwärmung des Tastkopfes zu minimieren.

[0026] In einer weiteren Ausgestaltung ist die Schubstange über ein Federelement, insbesondere über eine Schraubenfeder, mit dem dritten Tastkopfteil gekoppelt. Vorzugsweise ist die Schubstange über ein Drehlager, insbesondere ein Kugellager,

drehbar an dem Federelement befestigt, so dass sich die Schubstange relativ zu dem Federelement drehen kann. Alternativ oder ergänzend hierzu kann das Federelement in weiteren Ausgestaltungen über ein (weiteres) Drehlager drehbar an dem dritten Tastkopfteil befestigt sein. Anstelle von Kugellagern können in einigen Ausführungsbeispielen Gleitlager verwendet sein, um das Federelement und/oder das dritte Tastkopfteil von der Drehbewegung der Spindel zu entkoppeln.

[0027] Mithilfe des Federelements lässt sich in sehr vorteilhafter Weise eine definierte Messkraft erzeugen, die zum Antasten eines Messpunktes wünschenswert ist. Insbesondere lässt sich mit dieser Ausgestaltung eine Messkraftkomponente in der Längsrichtung erzeugen. Vorzugsweise ist das Federelement ein mechanisches Federelement. Alternativ oder ergänzend könnte das Federelement aber beispielsweise ein magnetisches Federelement sein. Die Erzeugung der Messkraft ist hier passiv, was vorteilhaft ist, um eine Erwärmung des Tastkopfes im Betrieb zu minimieren. Alternativ ist es in anderen Ausgestaltungen möglich, die Messkraft mithilfe eines aktiven gesteuerten Elements, wie etwa einer Tauchspule oder einem Piezoaktor, zu erzeugen. Die Befestigung des Federelements an der Schubstange über ein Kugellager ermöglicht eine gute Entkopplung, so dass sich ein Taststift beim Antasten eines Messpunktes allein gegen die Federkraft bewegen muss. Die Ausgestaltung ist darüber hinaus vorteilhaft, weil sie mithilfe der Schubstange eine sehr einfache und wirkungsvolle Tarierung des Tastkopfes in der Längsrichtung ermöglicht.

[0028] In einer weiteren Ausgestaltung besitzt der Tastkopf ein erstes und ein zweites Sensorelement, wobei das erste Sensorelement einen ersten Sensorwert liefert, der für eine aktuelle Position der Schubstange repräsentativ ist, und wobei das zweite Sensorelement einen zweiten Sensorwert liefert, der für eine aktuelle Position des dritten Tastkopfteils relativ zu dem zweiten Tastkopfteil repräsentativ ist.

[0029] Diese Ausgestaltung ermöglicht auf sehr einfache und kostengünstige Weise die Bestimmung der passiv erzeugten Messkraft anhand einer Differenz der genannten Sensorwerte. Der erste Sensorwert repräsentiert die aktuelle Position der Schubstange und damit einen Sollwert für die Position des dritten Tastkopfteils relativ zu dem zweiten Tastkopfteil. Der zweite Sensorwert liefert die aktuelle Position des dritten

Tastkopfteils. Die Differenz zwischen der Sollposition und der aktuellen Position ist ein Maß für die Auslenkung des dritten Tastkopfteils relativ zu dem zweiten Tastkopfteil gegen die Federkraft des Federelements. Mithilfe der Federkonstante, die in den bevorzugten Ausgestaltungen als Parameterwert in einem Speicher des Tastkopfes und/oder der Auswerte- und Steuereinheit gespeichert ist, lässt sich auf sehr einfache Weise die tatsächlich auf einen Messpunkt ausgeübte Messkraft bestimmen, was für eine hohe Messgenauigkeit von Vorteil ist. Vorzugsweise ist die Auswerte- und Steuereinheit dazu ausgebildet, die Messpunktkoordinaten eines angetasteten Messpunktes in Abhängigkeit von der Messkraft zu bestimmen, die zuvor anhand der genannten Sensorwerte bestimmt wurde.

[0030] In einer weiteren Ausgestaltung besitzt der Tastkopf ein Antriebsrad und einen zweiten Aktor, der dazu ausgebildet ist, das Antriebsrad in eine Drehbewegung zu versetzen, wobei das Antriebsrad mit dem ersten Tastkopfteil fest und mit dem zweiten Tastkopfteil nachgiebig gekoppelt ist, oder umgekehrt.

[0031] Die nachgiebige Kopplung sorgt dafür, dass ein definiertes Spiel in dem Antriebsstrang vom zweiten Aktor zu dem zweiten Tastkopfteil enthalten ist. Aufgrund dieses Spiels kann der zweite Aktor einerseits das zweite Tastkopfteil relativ zu dem ersten Tastkopfteil verdrehen. Andererseits kann sich das zweite Tastkopfteil über einen begrenzten Drehwinkel relativ zu dem ersten Tastkopfteil verdrehen, auch wenn der zweite Aktor unbetätigt ist. Diese Ausgestaltung ermöglicht daher eine wünschenswerte Auslenkung des zweiten Tastkopfteils relativ zu dem ersten Tastkopfteil bei der Antastung eines Messpunktes. Die nachgiebige Kopplung kann in sehr vorteilhafter Weise zur Erzeugung einer passiven Messkraft quer zu der ersten Achse genutzt werden. Auch diese Ausgestaltung trägt dazu bei, eine betriebsbedingte Erwärmung des Tastkopfes zu minimieren. Vorzugsweise ist das Antriebsrad an dem ersten Tastkopfteil gelagert und über ein Federelement nachgiebig mit dem zweiten Tastkopfteil gekoppelt, weil dies einen besonders kompakten und stabilen Aufbau erleichtert.

[0032] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung besitzt der Tastkopf ein Magnelement, über welches das Antriebsrad mit dem zweiten Tastkopfteil (oder alternativ dem ersten Tastkopfteil) nachgiebig gekoppelt ist.

[0033] In dieser Ausgestaltung wird das definierte, begrenzte Spiel zwischen dem zweiten Aktor und dem zweiten Tastkopfteil über eine magnetische Kopplung erreicht. Dementsprechend dient die mithilfe des Magnetelements erzeugte Magnetkraft zur Messkrafterzeugung. Beim Antasten eines Messpunktes kann sich das zweite Tastkopfteil gegen die Magnetkraft des Magnetelements verdrehen, obwohl der zweite Aktor über das Antriebsrad mit dem zweiten Tastkopfteil gekoppelt ist. Alternativ hierzu könnte die nachgiebige Kopplung in anderen Ausgestaltungen der Erfindung mit einem mechanischen Federelement, wie etwa einer Spiralfeder, einer Schraubenfeder, einer Drehstabfeder, oder einem anderen gegen die Drehbewegung wirkenden Federelement realisiert sein. Die magnetische Kopplung besitzt demgegenüber den Vorteil, dass sie reibungsfrei ist. Sie ermöglicht darüber hinaus eine besonders kompakte und verschleißarme Realisierung.

[0034] In einer weiteren Ausgestaltung besitzt der Tastkopf ein drittes Sensorelement, das einen dritten Sensorwert liefert, und ein viertes Sensorelement, das einen vierten Sensorwert liefert, wobei der dritte Sensorwert für eine Drehposition des Antriebsrades repräsentativ ist, und wobei der vierte Sensorwert für eine Drehposition des zweiten Tastkopfteils relativ zu dem ersten Tastkopfteil repräsentativ ist.

[0035] Diese Ausgestaltung ermöglicht auf sehr einfache und kostengünstige Weise die Bestimmung der Messkraft quer zu der ersten Achse. Ähnlich wie bereits oben in Bezug auf das erste und zweite Sensorelement beschrieben, lässt sich die Messkraft hier anhand der Differenz zwischen der aktuellen Drehposition des Antriebsrades und der aktuellen Drehposition des zweiten Tastkopfteils relativ zum ersten Tastkopfteil sehr einfach bestimmen. Der dritte Sensorwert repräsentiert eine Sollposition des zweiten Tastkopfteils relativ zum ersten Tastkopfteil. Der vierte Sensorwert repräsentiert die aktuelle Drehposition. Die Differenz zwischen diesen beiden Drehpositionen korreliert mit der Messkraft, die der Tastkopf quer zu der ersten Achse auf einen Messpunkt ausübt. Vorzugsweise ist die Auswerte- und Steuereinheit ferner dazu ausgebildet, die Messpunktkoordinaten eines angetasteten Messpunktes in Abhängigkeit von der Messkraft zu bestimmen, die zuvor anhand der dritten und vierten Sensorwerte bestimmt wurde.

[0036] In einer weiteren Ausgestaltung weist das dritte Tastkopfteil eine zweite Wechselschnittstelle auf, die zur lösbaren Ankopplung eines Tastelements, insbesondere eines Taststiftes, ausgebildet ist. Vorzugsweise beinhaltet die zweite Wechselschnittstelle ein oder mehrere Positionierungselemente, mit deren Hilfe eine definierte Position des Tastelements relativ zu dem dritten Tastkopfteil reproduzierbar gewährleistet ist. Beispielsweise kann die Wechselschnittstelle ein Tripel von jeweils paarweise nebeneinander angeordneten Zylinderrollen beinhalten, während das Tastelement ein Tripel von Kugeln aufweist, wobei jeweils eine Kugel zwischen ein Zylinderrollenpaar eingreift, wenn das Tastelement an dem dritten Tastkopfteil befestigt ist. Alternativ hierzu könnte das Tastkopfteil ein entsprechendes Kugeltripel aufweisen, wobei jeweils eine Kugel zwischen zwei Zylinderrollen an dem Tastelement eingreift.

[0037] Die Ausgestaltung besitzt einerseits den Vorteil, dass das Tastelement auswechselbar an dem neuen Tastkopf befestigt werden kann. Insbesondere können so verschieden lange Taststifte und/oder verschiedene Kombinationen von Taststiften wahlweise an dem Tastkopf befestigt werden. Die Ausgestaltung erhöht damit die Flexibilität im Hinblick auf die Durchführung von verschiedenen Messaufgaben noch weiter. Prinzipiell könnte an die zweite Wechselschnittstelle aber anstelle eines Tastelements auch ein anderer Sensor gekoppelt werden, wie etwa ein berührungsloser optischer Sensor. Darüber hinaus kann mithilfe der Wechselschnittstelle ein sehr wirkungsvoller Kollisionsschutz realisiert werden, da das Tastelement bei einer Blockade an der Wechselschnittstelle "abreißen" kann, ohne dass die Mechanik des Tastkopfes Schäden nimmt. In bevorzugten Ausführungsbeispielen wird das Tastelement daher rein magnetisch an dem dritten Tastkopfteil gehalten, um ein zerstörungsfreies "Abreißen" im Falle einer Kollision zu ermöglichen.

[0038] Besonders bevorzugt ist es, wenn der Tastkopf im Bereich der zweiten Wechselschnittstelle ein weiteres Sensorelement aufweist, mit dessen Hilfe das Ablösen des Tastelements von dem dritten Tastkopfteil detektiert werden kann. In diesen Fällen ist es von Vorteil, wenn die Auswerte- und Steuereinheit des Koordinatenmessgerätes die Bewegung des Tastkopfes relativ zu dem Werkstück bzw. relativ zu der Werkstückaufnahme stoppt, sobald das weitere Sensorelement ein entsprechendes Signal liefert. In einigen Ausführungsbeispielen beinhaltet das weitere Sensorelement einen elektrischen

Kontaktpfad, der beispielsweise über eines oder mehrere Positionierungselemente geführt sein kann, wobei der Kontaktpfad unterbrochen wird, wenn sich das Tastelement aus dem Positionierungselement am dritten Tastkopfteil löst.

[0039] In einer weiteren Ausgestaltung besitzt der Tastkopf ein Tastelement mit einer Basis, einer von der Basis entfernten Tastspitze und einem Schwerpunkt, der zwischen der Basis und der Tastspitze liegt, wobei der Schwerpunkt auf einer Strecke liegt, die einen minimalen Abstand zwischen der ersten und zweiten Achse repräsentiert.

[0040] In dieser Ausgestaltung liegen die Basis und die Tastspitze des Tastelements auf unterschiedlichen Seiten einer Ebene, die senkrecht zu der ersten Achse liegt und in der die zweite Achse verläuft. Die Ausgestaltung besitzt den Vorteil, dass der Tastkopf mit dem Tastelement quer zu der ersten Achse austariert ist. Ein Verschwenken des Tastkopfes aus einer Position, in der die erste Achse vertikal liegt, in eine zweite Position, in der die erste Achse horizontal liegt, hat somit keine nennenswerte Auswirkung auf die Position des Tastelements relativ zu dem dritten Tastkopfteil. Mit anderen Worten kann sich das Tastelement auch bei einem in die horizontale Lage verschwenkten Tastkopf bewegen, ohne dass ein Gewichtsausgleich benötigt wird. Lediglich in der Längsrichtung, in der sich die Schubstange bewegt, muss dann gegebenenfalls das Gewicht des Tastelements ausgeglichen werden, was in den vorteilhaften Ausführungsbeispielen sehr einfach und wirkungsvoll mithilfe der Schubstange erfolgen kann.

[0041] In einer weiteren Ausgestaltung besitzt das Tastelement zwei orthogonal zueinander verlaufende Taststifte, von denen einer mithilfe des dritten Tastkopfteils parallel zu der ersten Achse positionierbar ist.

[0042] In dieser Ausgestaltung besitzt der Tastkopf ein Tastelement mit zwei L-förmig zueinander angeordneten Taststiften. In den bevorzugten Ausführungsbeispielen ist einer dieser Taststifte im Ruhezustand parallel zu der ersten Achse und insbesondere auf der ersten Achse angeordnet. Der zweite Taststift steht in diesem Fall quer zu der ersten Achse. Durch Drehen des zweiten Tastkopfteils relativ zum ersten Tastkopfteil kann der zweite Taststift eine kreisförmige Abtastbahn durchlaufen. Damit lassen sich

Innendurchmesser von Bohrungen oder dergleichen einfach und schnell vermessen. Zusätzlich kann mithilfe der zweiten Achse eine Schwenkbewegung der beiden Taststifte erzeugt werden, was vorteilhaft ist, um etwa einen helixförmigen Nutverlauf innerhalb einer Bohrung zu vermessen. Darüber hinaus steht der parallel zur ersten Achse angeordnete Taststift ebenfalls zur Verfügung, so dass der neue Tastkopf noch variantenreicher ist und noch flexibler an unterschiedliche Messaufgaben angepasst werden kann.

[0043] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0044] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine vereinfachte Darstellung eines Koordinatenmessgerätes gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,
- Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel des neuen Tastkopfes an einem Dreh-Schwenk-Gelenk,
- Fig. 3 den Tastkopf aus Fig. 2 in einer weiteren Ansicht, und
- Fig. 4 den Tastkopf aus Fig. 2 in einer Ansicht von schräg unten.

[0045] In Fig. 1 ist ein Koordinatenmessgerät gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung in seiner Gesamtheit mit der Bezugsziffer 10 bezeichnet. Das Koordinatenmessgerät 10 besitzt hier eine Basis 12, auf der ein Portal 14 angeordnet ist. Das Portal 14 kann mithilfe eines elektrischen Antriebs (hier nicht näher dargestellt) auf der Basis 12 in einer Längsrichtung verfahren werden, die üblicherweise als y-Achse bezeichnet wird. Am oberen Querträger des Portals 14 ist ein Schlitten 16 angeordnet, der mithilfe eines weiteren elektrischen Antriebs (hier ebenfalls nicht dargestellt) entlang einer

zweiten Richtung verfahren werden kann, die üblicherweise als x-Achse bezeichnet wird. Der Schlitten 16 trägt eine Pinole 18, die mithilfe eines weiteren Antriebs in einer dritten Längsrichtung verfahren werden kann, die üblicherweise als z-Achse bezeichnet wird. Typischerweise sind die drei Bewegungsachsen des Koordinatenmessgerätes 10 orthogonal zueinander.

[0046] Bei der Bezugsziffer 20 sind hier Maßstäbe angedeutet, die entlang der Bewegungsachsen des Koordinatenmessgerätes 10 angeordnet sind. Mithilfe der Maßstäbe kann die jeweils aktuelle Position des Portals 14 relativ zur Basis 12 sowie die aktuelle Position des Schlittens 16 relativ zum Portal 14 und die aktuelle Position der Pinole 18 relativ zu dem Schlitten 16 bestimmt werden.

[0047] Am unteren freien Ende der Pinole 18 ist hier ein Dreh-Schwenk-Gelenk 22 angeordnet, das einen Tastkopf 24 gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung trägt. Der Tastkopf 24 kann mithilfe des Dreh-Schwenk-Gelenks 22 um zwei zueinander orthogonale Drehachsen gedreht und verschwenkt werden. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel verläuft die erste Drehachse parallel zur z-Achse. Sie wird typischerweise als A-Achse bezeichnet (siehe Fig. 2). Die zweite Drehachse ist orthogonal zu der A-Achse angeordnet und wird typischerweise als B-Achse bezeichnet (Fig. 2). In einigen Ausführungsbeispielen kann das Dreh-Schwenk-Gelenk 22 ein rastendes Dreh-Schwenk-Gelenk sein. In diesem Fall ist die Anzahl der möglichen Dreh- oder Schwenkpositionen begrenzt. Das Dreh-Schwenk-Gelenk 22 rastet in der jeweils gewählten Dreh- und Schwenkposition ein. Elektrische Antriebe (hier nicht dargestellt) werden nur für die Einstellung einer neuen Dreh- oder Schwenkposition benötigt.

[0048] In anderen Ausführungsbeispielen kann das Dreh-Schwenk-Gelenk 22 ein kontinuierliches Dreh-Schwenk-Gelenk sein, so dass der Tastkopf 24 in eine unbegrenzte Anzahl an Dreh- und Schwenkpositionen orientiert werden kann. Prinzipiell kann der neue Tastkopf 24 darüber hinaus auch starr an der Pinole 18 eines Koordinatenmessgerätes 10 befestigt sein, weil der Tastkopf 24 selbst weitere Drehachsen zur Verfügung stellt. Aus heutiger Sicht ist jedoch die Kombination des neuen Tastkopfes 24 mit einem Dreh-Schwenk-Gelenk 22 besonders vorteilhaft.

[0049] Mit der Bezugsziffer 26 ist ein Messobjekt bezeichnet, das hier auf der Basis 12 abgelegt ist. Die Basis 12 trägt daher in diesem Ausführungsbeispiel nicht nur das Portal 14, sondern sie fungiert auch als Werkstückaufnahme. In anderen Ausführungsbeispielen kann eine separate Werkstückaufnahme zum Positionieren eines Messobjekts 26 vorgesehen sein.

[0050] Generell ist die vorliegende Erfindung nicht auf Koordinatenmessgeräte in Portalbauweise beschränkt. Sie kann ebenso bei Koordinatenmessgeräten realisiert sein, bei denen der Tastkopf 24 auf andere Weise relativ zu einem Messobjekt 26 positioniert werden kann, insbesondere bei Koordinatenmessgeräten mit einer verfahrbaren Werkstückaufnahme in Form eines x-y-Kreuztisches oder bei Koordinatenmessgeräten in Horizontalarmbauweise.

[0051] Mit der Bezugsziffer 28 ist eine Auswerte- und Steuereinheit bezeichnet, die hier über eine Kabelverbindung mit den elektrischen Antrieben und den Leseköpfen für die Maßstäbe 20 verbunden ist. Die Auswerte- und Steuereinheit 28 ist dazu ausgebildet, die Bewegungen des Koordinatenmessgerätes 10 entlang der Achsen x, y, z sowie die Bewegungen des Dreh-Schwenk-Gelenks 22 um die Achsen A und B sowie die Bewegungen des Tastkopfes 24 zu steuern, um ausgewählte Messpunkte 30 an dem Messobjekt 26 anzutasten. Darüber hinaus ist die Auswerte- und Steuereinheit 28 dazu ausgebildet, anhand der aktuellen Position des Tastkopfes 24 innerhalb des Messvolumens des Koordinatenmessgerätes 10 sowie anhand der nachfolgend näher erläuterten Sensorwerte des Tastkopfes 24 Raumkoordinaten zu bestimmen, die die Position des jeweils angetasteten Messpunktes 30 innerhalb des Messvolumens repräsentieren. Durch Antasten einer Vielzahl von Messpunkten 30 können dann geometrische Eigenschaften des Messobjekts 26 bestimmt werden. Dies geschieht typischerweise mit einer Auswertesoftware, die entweder auf der Auswerte- und Steuereinheit 28 oder auf einem separaten Auswerte-PC ausgeführt wird.

[0052] In den Fig. 2 bis 4 ist ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des neuen Tastkopfes 24 an dem Dreh-Schwenk-Gelenk 22 dargestellt. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen dabei dieselben Elemente wie zuvor.

[0053] Der Tastkopf 24 besitzt ein erstes Tastkopfteil 34 mit einer ersten Wechselschnittstelle 36, die zur lösbaren und auswechselbaren Ankopplung des Tastkopfes 24 an dem Dreh-Schwenk-Gelenk 22 ausgebildet ist. In den bevorzugten Ausführungsbeispielen ist die erste Wechselschnittstelle 36 mithilfe eines magnetisch gehaltenen Tellers ausgebildet (hier nicht näher dargestellt), wie er von anderen bereits am Markt vertriebenen Tastköpfen bekannt ist. Das Dreh-Schwenk-Gelenk 22 ist in einigen Ausführungsbeispielen ein rastendes Dreh-Schwenk-Gelenk, wie es von der Anmelderin unter der Bezeichnung RDS angeboten und vertrieben wird. Dementsprechend ist die erste Wechselschnittstelle 36 in den bevorzugten Ausführungsbeispielen kompatibel zu der Tastkopf-Schnittstelle des RDS-Dreh-Schwenk-Gelenks von Zeiss. Prinzipiell könnte der Tastkopf 24 aber auch eine erste Wechselschnittstelle 36 besitzen, die kompatibel zu entsprechenden Tastkopfaufnahmen von anderen Herstellern von Koordinatenmessgeräten sind. Insbesondere kann die erste Wechselschnittstelle zur direkten Ankopplung des Tastkopfes 24 an das freie Ende der Pinole 18 eines Koordinatenmessgerätes ausgebildet sein.

[0054] Das erste Tastkopfteil 34 besitzt in diesem Ausführungsbeispiel einen Ring 38 und eine Platte 40, die hier senkrecht zu dem Ring 38 angeordnet ist und in der Seitenansicht gemäß Fig. 2 zusammen mit dem Ring 38 eine L-Form bildet. Die erste Wechselschnittstelle 36 ist an dem freien Ende der Platte 40 angeordnet, das von dem Ring 38 abgewandt ist.

[0055] Das erste Tastkopfteil 34 bildet die Basis des Tastkopfes 24, an die ein zweites Tastkopfteil 42 und ein drittes Tastkopfteil 44 jeweils beweglich gekoppelt sind. Das zweite Tastkopfteil 42 beinhaltet in diesem Ausführungsbeispiel eine Hohlwelle 46 und einen Bügel 48, der an einem ersten (unteren) Ende der Hohlwelle 46 angeordnet und mit der Hohlwelle 46 starr verbunden ist. Die Hohlwelle 46 ragt in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel mit erstem Ende durch den Ring 38 des ersten Tastkopfteils 34 hindurch, und der Bügel 48 ist in der Darstellung der Fig. 2 unterhalb des Rings 38 angeordnet. Mit anderen Worten sitzt der Bügel 48 unterhalb einer von dem Ring 38 aufgespannten Ebene 51, während die Hohlwelle 46 durch diese Ebene 51 senkrecht hindurch tritt. In den bevorzugten Ausführungsbeispielen verläuft die Längsachse 50 der Hohlwelle 46 orthogonal zu der Ebene 51, die von dem Ring 38 aufgespannt wird.

[0056] An der Hohlwelle 46 ist eine Encoderscheibe 52 befestigt, die hier parallel zu dem Ring 38 angeordnet ist. Im Bereich der Encoderscheibe 52 ist ein Sensorelement 54 an der Platte 40 befestigt. Mithilfe des Sensorelements 54 kann eine aktuelle Drehposition der Hohlwelle 54 relativ zu dem Ring 38 bestimmt werden. Dementsprechend liefert das Sensorelement 54 einen Sensorwert, der für eine aktuelle Drehposition des zweiten Tastkopfteils 42 relativ zum ersten Tastkopfteil 34 repräsentativ ist.

[0057] Das zweite Tastkopfteil 42 beinhaltet ferner eine Ringscheibe 56, die hier einen U-förmigen Ausschnitt aufweist. In dem U-förmigen Ausschnitt ist eine Platte 58 angeordnet, die über ein Scharnier 60 an einem freien Ende des Bügels 48 verschwenkbar gelagert ist. Die Platte 58 gehört zu dem dritten Tastkopfteil 44, das über das Scharnier 60 verschwenkbar an dem zweiten Tastkopfteil 42 gehalten ist. Die Schwenkachse, um die die Platte 58 relativ zu dem Bügel 48 verschwenkt werden kann, ist in Fig. 3 bei der Bezugsziffer 62 angedeutet.

[0058] Die Platte 58 besitzt an ihrer Unterseite (das ist hier die von der Hohlwelle 46 abgewandte Seite) eine zweite Wechselschnittstelle 64, die dazu ausgebildet ist, ein Tastelement auswechselbar aufzunehmen. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das Tastelement eine Taststiftkombination mit einem ersten Taststift 66, einem zweiten Taststift 68 und einer Basis 70. Der erste Taststift 66 ist hier auf der Längsachse 50 der Hohlwelle 46 angeordnet, d.h. er erstreckt sich im Zentrum der gedachten Verlängerung der Hohlwelle 46. Der zweite Taststift 68 ist hier orthogonal zu dem ersten Taststift 66 angeordnet. Die beiden Taststifte 66, 68 definieren hier eine L-Form, an deren Eckpunkt die Basis 70 sitzt. An der Basis 70 ist das Gegenstück zu der zweiten Wechselschnittstelle 64 ausgebildet, so dass die Taststiftkombination 66, 68 auswechselbar an der Wechselschnittstelle 64 gehalten ist.

[0059] Abweichend von dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel könnten an der zweiten Wechselschnittstelle 64 auch andere Taststiftkombinationen oder auch ein einzelner Taststift angeordnet sein, der sich dann vorzugsweise entlang der Längsachse 50 erstreckt. Prinzipiell können anstelle der Taststifte 66, 68, die hier jeweils eine kugelförmige Tastspitze 72 aufweisen, auch andere Tastelemente an der Wechselschnittstelle 64 befestigt werden.

[0060] Um eine Schwenkbewegung der Platte 58 um die Schwenkachse 62 zu bewirken, ist die Platte 58 mit einer Schubstange 74 gekoppelt. Die Schubstange 74 erstreckt sich in diesem bevorzugten Ausführungsbeispiel durch den lichten Innenraum der Hohlwelle 46 und liegt insbesondere konzentrisch zu der Hohlwelle. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Schubstange 74 als Spindel ausgebildet, die an ihrem oberen freien Ende ein Antriebsrad 76 trägt. Das Antriebsrad 76 ist hier mit einem elektrischen Drehantrieb 78 gekoppelt. Der Drehantrieb 78 kann das Antriebsrad 76 hier über einen Reib- und/oder Formschluss in eine Drehbewegung um die Längsachse 50 versetzen. Infolge dieser Drehbewegung bewegt sich die als Spindel ausgebildete Schubstange 74 linear entlang der Längsachse 50, was in Fig. 3 mithilfe des Doppelpfeils 80 angedeutet ist. Da das Scharnier 60, welches die Schwenkachse 62 definiert, windschief und im bevorzugten Ausführungsbeispiel orthogonal und mit einem lateralen Abstand D zu der Längsachse 50 angeordnet ist, führt die Linearbewegung 80 der Schubstange 74 zu einem Drehmoment, welches die Platte 58 relativ zu dem Bügel 48 um die Schwenkachse 62 verschwenkt. Der Drehantrieb 78 ist hier somit ein erster Aktor, mit dessen Hilfe das dritte Tastkopfteil 44 relativ zu dem zweiten Tastkopfteil 42 verschwenkt werden kann. Aufgrund der bevorzugten Selbsthemmung der Spindel 74 wird der Aktor 78 nur benötigt, um die Schwenkposition des dritten Tastkopfteils 44 relativ zu dem zweiten Tastkopfteil 42 zu verändern. Der Drehantrieb 78 muss daher im Betrieb des Tastkopfes 24 nur vergleichsweise selten und kurz betätigt werden.

[0061] Alternativ zu dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel mit einer Spindel kann die Schubstange 74 in anderen Ausführungsbeispielen rein translatorisch bewegt sein, insbesondere mit Hilfe von einem Linearantrieb als erstem Aktor.

[0062] Wie man in den Fig. 2 und 3 erkennen kann, ist die Platte 58 hier über ein Federelement in Form einer Schraubenfeder 82 mit dem freien Ende der Schubstange 74 gekoppelt. Das Federelement 82 ermöglicht unabhängig von der Schwenkposition, die mithilfe des Drehantriebs 78 und der Schubstange 74 eingestellt werden kann, eine Relativbewegung des dritten Tastkopfteils 44 relativ zu dem zweiten Tastkopfteil 42. Diese Relativbewegung erfolgt gegen die Federkraft des Federelements 82. Dementsprechend kann mithilfe des Federelements 82 eine Messkraft beim Antasten eines Messpunktes an einem Messobjekt 26 erzeugt werden. In den bevorzugten Ausführungsbei-

spielen ist das Federelement 82 über ein Drehlager an der spindelförmig ausgebildeten Schubstange 74 angekoppelt. In einigen Ausführungsbeispielen ist dieses Drehlager als Wälzlager, insbesondere als Kugellager ausgebildet. In anderen Ausführungsbeispielen ist das Drehlager ein einfaches Gleitlager. In weiteren Ausführungsbeispielen kann das Federelement 82 über ein entsprechendes Drehlager an der Platte 58 bzw. dem dritten Tastkopfteil 44 befestigt sein.

[0063] Der Tastkopf 24 besitzt in diesem Ausführungsbeispiel ferner ein (erstes) Sensorelement 84, mit dessen Hilfe eine aktuelle Drehposition des Antriebsrades 76 detektiert werden kann. Das Sensorelement 84 liefert dementsprechend einen ersten Sensorwert, der auch für eine aktuelle Position der Schubstange repräsentativ ist. Die aktuelle Position der Schubstange ist ihrerseits repräsentativ für eine Sollposition des dritten Tastkopfteils 44 relativ zu dem zweiten Tastkopfteil 42 um die Schwenkachse 62 herum. Die tatsächliche Position des dritten Tastkopfteils 44 kann von der Sollposition, die mithilfe der Schubstange 74 eingestellt wurde, abweichen, wenn die Tastspitze 72 eines der Taststifte 66, 68 gegen einen Messpunkt am Messobjekt 26 drückt, weil dann das dritte Tastkopfteil 44 gegen die Federkraft des Federelements 82 ausweicht. Der Tastkopf 24 besitzt ein zweites Sensorelement 86, das einen zweiten Sensorwert liefert, der für die aktuelle Schwenkposition des dritten Tastkopfteils 44 relativ zu dem zweiten Tastkopfteil 42 repräsentativ ist. Aus der Differenz zwischen dem ersten und zweiten Sensorwert kann man die aktuelle Messkraft bestimmen, die mithilfe des Federelements 82 beim Antasten eines Messpunktes erzeugt wird. In den bevorzugten Ausführungsbeispielen ist ein entsprechend ausgebildetes Auswertemodul in der Auswerte- und Steuereinheit 28 hinterlegt.

[0064] Mit der Bezugsziffer 88 ist ein Haken bezeichnet, der auf der vom Taststift 66 abgewandten Oberseite der Platte 58 angeordnet ist. Der Haken 88 verschwenkt zusammen mit der Platte 58 um die Schwenkachse 62 herum, und er dient als Fanghaken, der den maximalen Schwenkwinkel des dritten Tastkopfteils 44 um die Schwenkachse 62 definiert. Bei maximalem Schwenkwinkel hakt das freie Ende des Hakens 88 an der Ringscheibe 56 des zweiten Tastkopfteils 42 ein und blockiert eine weitere Bewegung des dritten Tastkopfteils.

[0065] Darüber hinaus dient der Haken 88 in diesem Ausführungsbeispiel als Halter für Magnete, deren aktuelle Position relativ zu dem zweiten Sensorelement 86 detektiert werden kann. In einigen Ausführungsbeispielen ist das zweite Sensorelement 86 ein Hallelement oder ein magnetoresistives Sensorelement, mit dessen Hilfe eine aktuelle Magnetfeldrichtung am Ort des Sensorelements detektiert werden kann. Alternativ hierzu könnte das zweite Sensorelement 86 ein optisches Sensorelement oder ein beliebiges anderes Sensorelement sein, das einen zweiten Sensorwert erzeugt, der für die aktuelle Position des dritten Tastkopfteils 44 relativ zu dem zweiten Tastkopfteil 42 um die Schwenkachse 62 herum repräsentativ ist.

[0066] Um eine Drehung des zweiten Tastkopfteils 42 relativ zu dem ersten Tastkopfteil 34 zu bewirken, besitzt der Tastkopf 24 hier einen weiteren Drehantrieb 90, der in diesem Fall über ein Reibrad 92 ein Antriebsrad 94 antreiben kann. Alternativ hierzu könnte der Drehantrieb 90 formschlüssig oder sogar materialschlüssig mit dem Antriebsrad 94 gekoppelt sein.

[0067] Das Antriebsrad 94 besitzt in diesem Ausführungsbeispiel mehrere Magnete 96 (siehe Fig. 4), die am Außenumfang des Antriebsrades 94 verteilt sind. Die Hohlwelle 46 trägt an ihrem oberen Ende ein hier insbesondere sternförmiges Weicheisenrad 98. Das Weicheisenrad 98 ist über die Magnete 96 nachgiebig mit dem Antriebsrad 94 gekoppelt, da sich das sternförmige Weicheisenrad 98 innerhalb des mit den Magneten 96 erzeugten Magnetfeldes ausrichtet. Über die magnetische Kopplung kann das Antriebsrad 94 einerseits die Hohlwelle 46 antreiben und somit das zweite Tastkopfteil 42 relativ zu dem ersten Tastkopfteil 34 verdrehen. Andererseits kann sich die Hohlwelle 46 bei stillstehendem Antrieb 90 gegen das Antriebsrad 94 verdrehen, wobei die Magnetkraft der Magnete 96 dieser "freien" Drehung entgegenwirkt. Dementsprechend wird mithilfe der magnetischen Kopplung auf passive Weise eine Messkraft beim Antasten eines Messpunktes erzeugt, deren Größe sich aus dem Drehmoment ergibt, das mithilfe der Magnete 96 und des Weicheisenrads 98 erzeugt wird.

[0068] Mit der Bezugsziffer 100 ist ein weiteres Sensorelement bezeichnet, das hier an dem ersten Tastkopfteil 34 befestigt ist. Das Sensorelement 100 beinhaltet beispielsweise ein Hallelement und/oder ein magnetoresistives Element, um einen

weiteren Sensorwert zu erzeugen, der für eine aktuelle Drehposition des Antriebsrades 94 repräsentativ ist. Dieser weitere Sensorwert ist folglich auch für eine Sollposition des zweiten Tastkopfteils 42 um die Längsachse 50 repräsentativ. Das Sensorelement 54 liefert mithilfe der Encoderscheibe 52 einen vierten Sensorwert, der für die tatsächliche Drehposition des zweiten Tastkopfteils 42 relativ zum ersten Tastkopfteil 34 repräsentativ ist. Aus der Differenz der Sensorwerte, die von den Sensorelementen 54 und 100 geliefert werden, lässt sich somit die Messkraft bestimmen, mit der ein Taststift 66, 68 beim Antasten eines Messobjekts gegen den Messpunkt drückt (tangentiale oder Querkomponente der Messkraft).

[0069] In anderen Ausführungsbeispielen kann der Tastkopf 24 anstelle der magnetischen Kopplung und der somit erzeugten Messkraftkomponente ein weiteres mechanisches Federelement enthalten, beispielsweise in Form einer Spiralfeder. Darüber hinaus ist es denkbar, die Messkraft hier aktiv mithilfe einer Tauchspule, einem Piezoelement und/oder einem anderen elektrisch betätigten Aktor zu erzeugen.

[0070] Wie man in der Darstellung in Fig. 2 erkennen kann, liegt die Basis 70 des Tastelements hier oberhalb von dem Scharnier 60 und der dadurch definierten Schwenkachse 62, während die Tastspitzen 72 der Taststifte 66, 68 unterhalb des Scharniers 60 angeordnet sind. Mit anderen Worten liegen die Basis 70 und die Tastspitzen 72 auf unterschiedlichen Seiten einer Ebene 102, die orthogonal zu der Längsachse 50 liegt und die Schwenkachse 62 enthält. In den bevorzugten Ausführungsbeispielen ist das Tastelement so ausgebildet, dass sein Schwerpunkt 104 in der Ebene 102 zu liegen kommt. Dies kann dadurch erreicht werden, dass die Tastkopfbasis 70 ein im Vergleich zu den Taststiften 66, 68 hohes Gewicht aufweist, was insbesondere durch Integration eines Haltemagneten in der Tastkopfbasis 70 erreicht werden kann. Der Haltemagnet (hier nicht dargestellt) dient vorteilhaft zum Befestigen der Basis 70 an dem dritten Tastkopfteil 44.

[0071] Des Weiteren ist das Scharnier 60 hier unterhalb der Platte 58 angeordnet, an der die Basis 70 des Tastelements befestigt wird. Die Platte 58 ist über einen Kipphebel 106 an dem Scharnier 60 befestigt, wobei der Kipphebel 106 die Platte 58 näher an das erste Tastkopfteil 34 heranbringt als das Scharnier 60. Diese vorteilhafte Realisierung hat zur Folge, dass der Tastkopf 24 das Tastelement 66, 68 lediglich entlang

der Längsachse 50 austarieren muss, was mithilfe der Schubstange 74 sehr leicht möglich ist. Mit anderen Worten kann die Gewichtskraft des Tastelements, die auf das Federelement 82 einwirkt, durch eine einfache lineare Verstellung der Schubstange 74 ausgeglichen werden. Eine Tarierung in einer Ebene senkrecht zu der Längsachse 50 ist aufgrund der günstigen Positionierung des Schwerpunktes 104 hier entbehrlich, selbst wenn der Tastkopf 24 mithilfe des Dreh-Schwenk-Gelenks 22 aus der in Fig. 2 dargestellten vertikalen Orientierung in eine horizontale Orientierung gebracht wird (Drehung um die Achse B). Prinzipiell könnte der Tastkopf 24 aber auch eine separate Tarierung quer zu der Längsachse 50 beinhalten.

[0072] Mithilfe des neuen Tastkopfes 24 kann das Koordinatenmessgerät 10 Messungen durchführen, die über eine Positionierung des Tastkopfes mithilfe der Drehachsen A, B des Dreh-Schwenk-Gelenks 22 hinaus weitere Dreh- oder Schwenkbewegungen erfordern. Vorteilhaft kann das Koordinatenmessgerät 10 daher mithilfe des Tastkopfes 24 beispielsweise Nuten in Bohrungen oder an Wellen sehr schnell vermessen. Auch für das Vermessen von schrägen Innenverzahnungen eignet sich die Kombination des neuen Tastkopfes 24 mit einem Dreh-Schwenk-Gelenk 22 sehr gut. Durch die sehr kompakte und leichtbauende Realisierung des Tastkopfes 24 kann dieser alternativ zu anderen Sensoren an dem Dreh-Schwenk-Gelenk 22 verwendet werden, so dass das Koordinatenmessgerät 10 verschiedene Sensoren an einer universellen Wechselschnittstelle verwenden kann.

[0073] Der mechanische Aufbau des neuen Tastkopfes 24 ist relativ einfach, und auch die Verkabelung des Tastkopfes 24 ist einfach, weil der Tastkopf 24 in den bevorzugten Ausführungsbeispielen mit einer passiven Messkrafterzeugung auskommt. Gleichwohl kann mithilfe der jeweils nachgiebigen Kopplungen zwischen dem ersten und dem zweiten Tastkopfteil und zwischen dem zweiten und dem dritten Tastkopfteil eine definierte Messkraft beim Antasten eines Messobjekts erzeugt werden. Die jeweilige Messkraft lässt sich sehr vorteilhaft durch Differenzbildung der von den Sensorelementen 54, 100 und 84, 86 gelieferten Sensorwerte bestimmen. Aufgrund des geringen Gewichts der bewegten Teile des Tastkopfes 24 können Dreh- und Schwenkbewegungen während einer Messung sehr schnell und trotzdem präzise durchgeführt werden. Zudem kann der Tastkopf 24 auch ohne weiteres über ein stabförmiges Verlängerungsstück (hier nicht

dargestellt) an dem Dreh-Schwenk-Gelenk 22 befestigt werden, um insbesondere eine Messung in einer sehr tiefen Bohrung zu ermöglichen. Dies wird durch die kompakten Abmessungen und das geringe Gewicht des Tastkopfes 24 begünstigt.

[0074] Die Auswerte- und Steuereinheit besitzt in den bevorzugten Ausführungsbeispielen ein Auswert- und Steuermodul 108, das dazu ausgebildet ist, die beiden Aktoren des Tastkopfes 24 anzusteuern, um einen oder mehrere Taststifte 66, 68 auch während einer kontinuierlichen Messung in eine gewünschte Orientierung zu bringen. Da für jede der beiden Bewegungsachsen jeweils nur ein Drehwinkel mit Hilfe der Sensorelemente 54 und 86 bestimmt werden muss, um die jeweilige Auslenkung des Tastkopfes zu bestimmen, kann die Aufnahme der Messwerte sehr schnell erfolgen.

Patentansprüche

1. Tastkopf für ein Koordinatenmessgerät zum Bestimmen von Messpunktkoordinaten an einem Werkstück (26), mit einem ersten Tastkopfteil (34), an dem eine erste Wechselschnittstelle (36) angeordnet ist, die zur Ankopplung des Tastkopfes (24) an das Koordinatenmessgerät (10) ausgebildet ist, mit einem zweiten Tastkopfteil (42), das mit dem ersten Tastkopfteil (34) gekoppelt ist und das relativ zu dem ersten Tastkopfteil (34) um eine erste Achse (50) drehbar ist, mit einem dritten Tastkopfteil (44), das mit dem zweiten Tastkopfteil (42) gekoppelt ist und das relativ zu dem zweiten Tastkopfteil (42) um eine zweite Achse (62) verschwenkbar ist, wobei die erste und die zweite Achse windschief zueinander liegen, und mit einem ersten Aktor (78), der dazu ausgebildet ist, das dritte Tastkopfteil (44) um die zweite Achse (62) zu verschwenken, gekennzeichnet durch eine Schubstange (74), die mit dem dritten Tastkopfteil (44) in einem seitlichen Abstand (D) zu der zweiten Achse (62) gekoppelt ist, wobei der erste Aktor (78) die Schubstange (74) in einer Längsrichtung (80) bewegt, um das dritte Tastkopfteil (44) relativ zu dem zweiten Tastkopfteil (42) zu verschwenken.
2. Tastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Längsrichtung (80) parallel zu der ersten Achse (50) verläuft, insbesondere entlang der ersten Achse (50).
3. Tastkopf nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Hohlwelle (46), über die das zweite Tastkopfteil (42) drehbar an dem ersten Tastkopfteil (34) angeordnet ist, wobei die Schubstange (74) in der Hohlwelle verläuft.
4. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schubstange (74) eine Spindel beinhaltet, die von dem ersten Aktor (78) angetrieben wird.

5. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Schubstange (74) über ein Federelement (82), insbesondere eine Schraubenfeder, mit dem dritten Tastkopfteil (44) gekoppelt ist.
6. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch ein erstes und ein zweites Sensorelement (84, 86), wobei das erste Sensorelement (84) einen ersten Sensorwert liefert, der für eine aktuelle Position der Schubstange (74) repräsentativ ist, und wobei das zweite Sensorelement (86) einen zweiten Sensorwert liefert, der für eine aktuelle Position des dritten Tastkopfteils (44) relativ zu dem zweiten Tastkopfteil (42) repräsentativ ist.
7. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch ein Antriebsrad (94) und einen zweiten Aktor (90), der dazu ausgebildet ist, das Antriebsrad (94) in eine Drehbewegung zu versetzen, wobei das Antriebsrad (94) fest mit dem ersten Tastkopfteil (34) und nachgiebig mit dem zweiten Tastkopfteil (42) gekoppelt ist, oder umgekehrt.
8. Tastkopf nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch ein Magnetelement (96), über welches das Antriebsrad (94) nachgiebig mit dem zweiten oder ersten Tastkopfteil (42; 34) gekoppelt ist.
9. Tastkopf nach Anspruch 7 oder 8, gekennzeichnet durch ein drittes Sensorelement (100), das einen dritten Sensorwert liefert, und ein viertes Sensorelement (54), das einen vierten Sensorwert liefert, wobei der dritte Sensorwert für eine Drehposition des Antriebsrades (94) repräsentativ ist, und wobei der vierte Sensorwert für eine Drehposition des zweiten Tastkopfteils (42) relativ zum ersten Tastkopfteil (34) repräsentativ ist.
10. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Tastkopfteil (44) eine zweite Wechselschnittstelle (64) aufweist, die zur lösbaren Ankopplung eines Tastelements, insbesondere eines Taststiftes (66, 68), ausgebildet ist.

11. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch ein Tastelement mit einer Basis (70), einer von der Basis entfernten Tastspitze (72) und einem Schwerpunkt (104), der zwischen der Basis (70) und der Tastspitze (72) liegt, wobei der Schwerpunkt (104) auf einer Strecke liegt, die einen minimalen Abstand zwischen der ersten und zweiten Achse (50, 62) repräsentiert.
12. Tastkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 11, gekennzeichnet durch ein Tastelement, das zwei orthogonal zueinander verlaufende Taststifte (66, 68) besitzt, von denen einer mit Hilfe des dritten Tastkopfteils (44) parallel zu der ersten Achse (50) positionierbar ist.
13. Koordinatenmessgerät zum Bestimmen von Messpunktkoordinaten an einem Werkstück (26), mit einer Werkstückaufnahme (12) für das Werkstück (26), mit einem Haltegestell (14, 16, 18), an dem ein Tastkopf (24) befestigt ist, und mit einer Auswerte- und Steuereinheit (28), die dazu ausgebildet ist, den Tastkopf (24) mit Hilfe des Haltegestells in eine definierte Position relativ zu der Werkstückaufnahme (12) zu bringen und Messpunktkoordinaten an dem Werkstück (26) in Abhängigkeit von der definierten Position zu bestimmen, wobei der Tastkopf (24) über ein Dreh-Schwenk-Gelenk (22) mit zwei verschiedenen Drehachsen (A, B) an dem Haltegestell befestigt ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Tastkopf (24) ein Tastkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche ist.

1/4

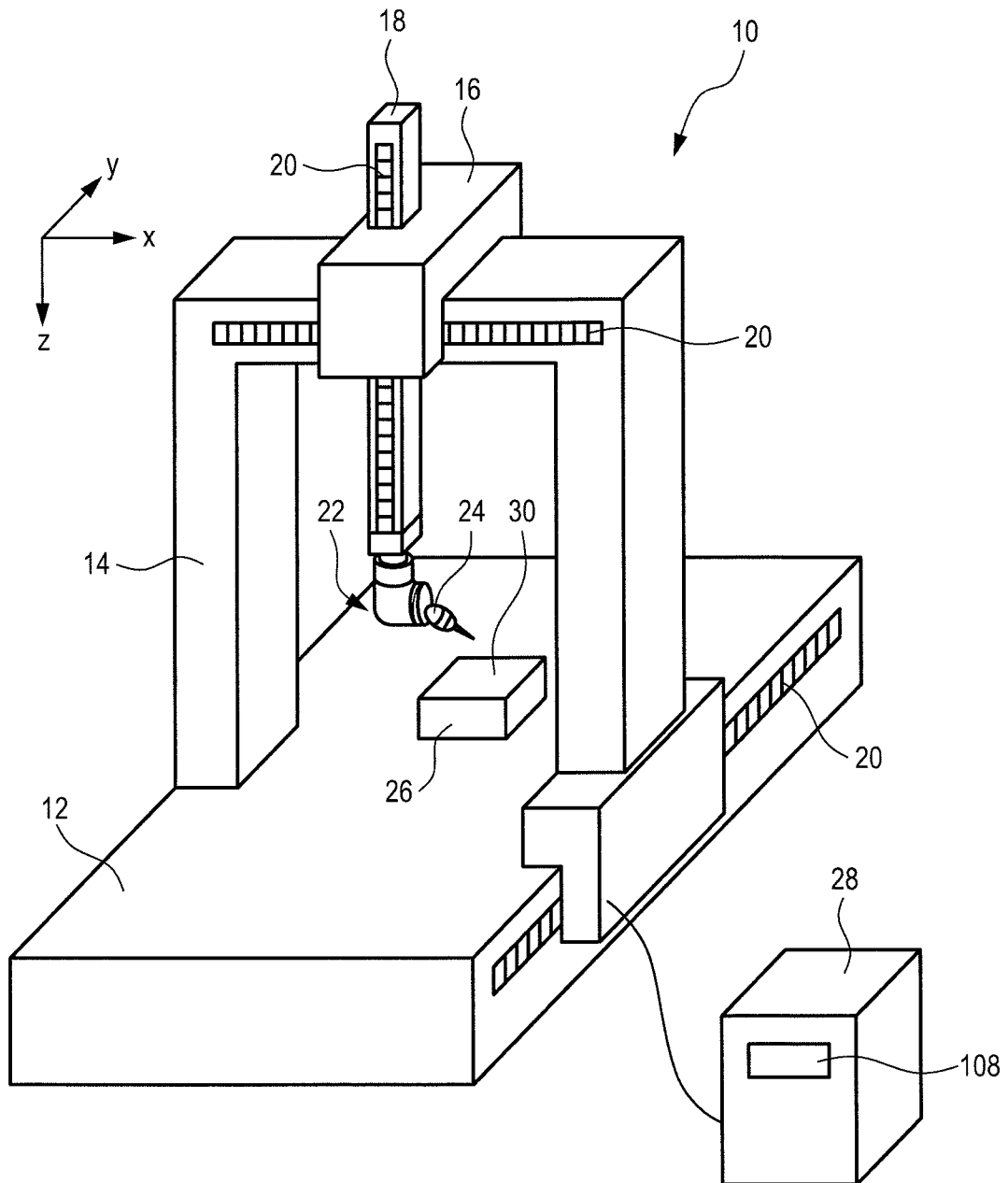
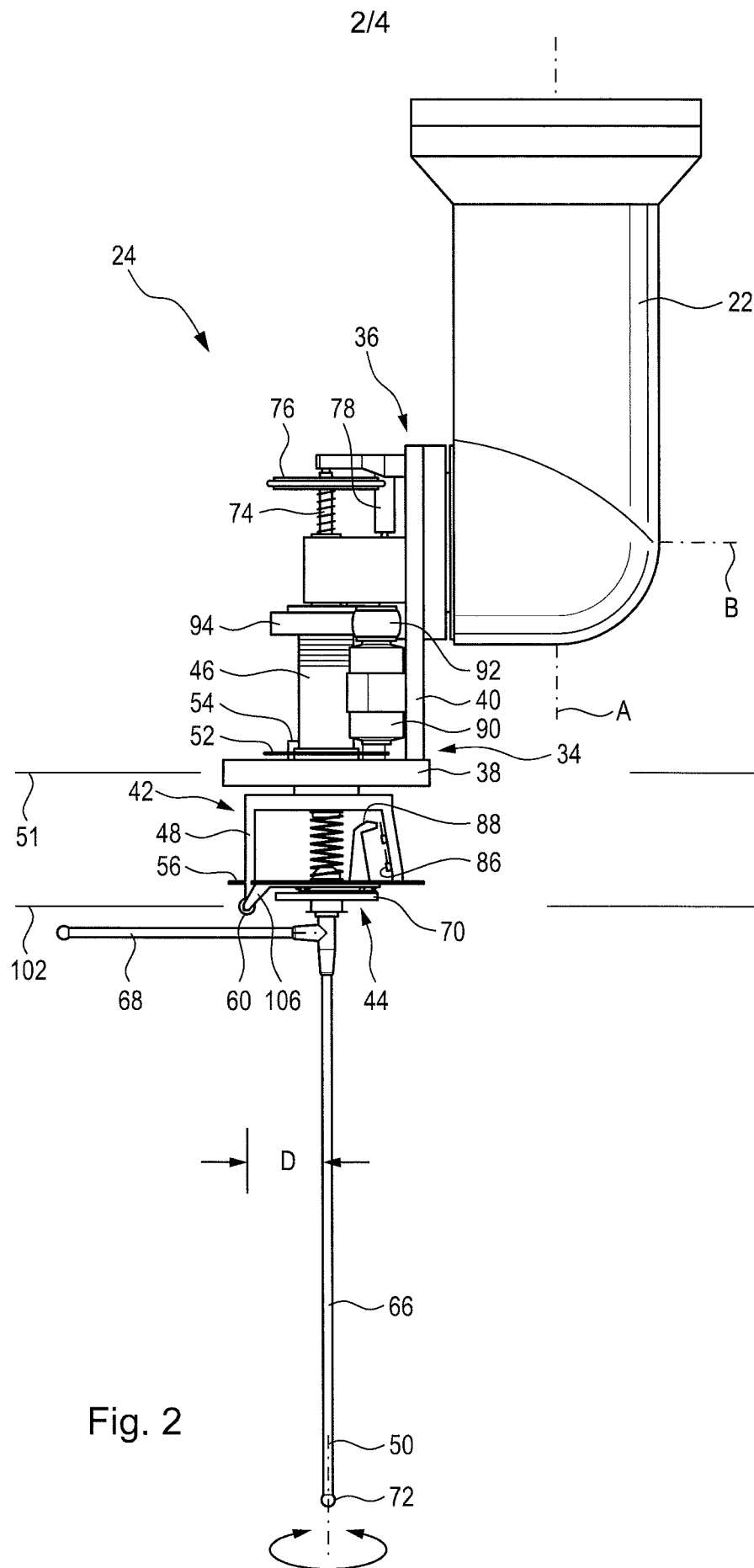
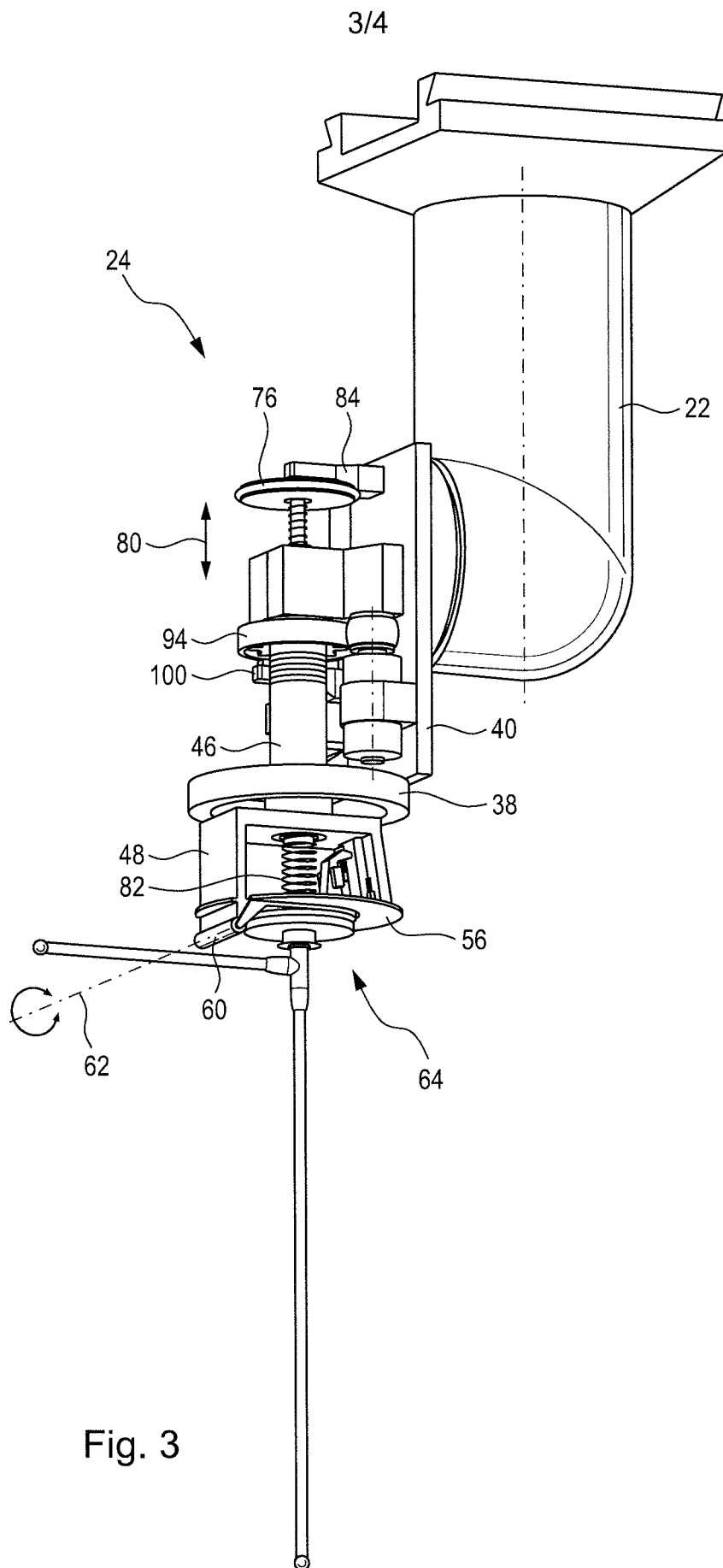


Fig. 1





4/4

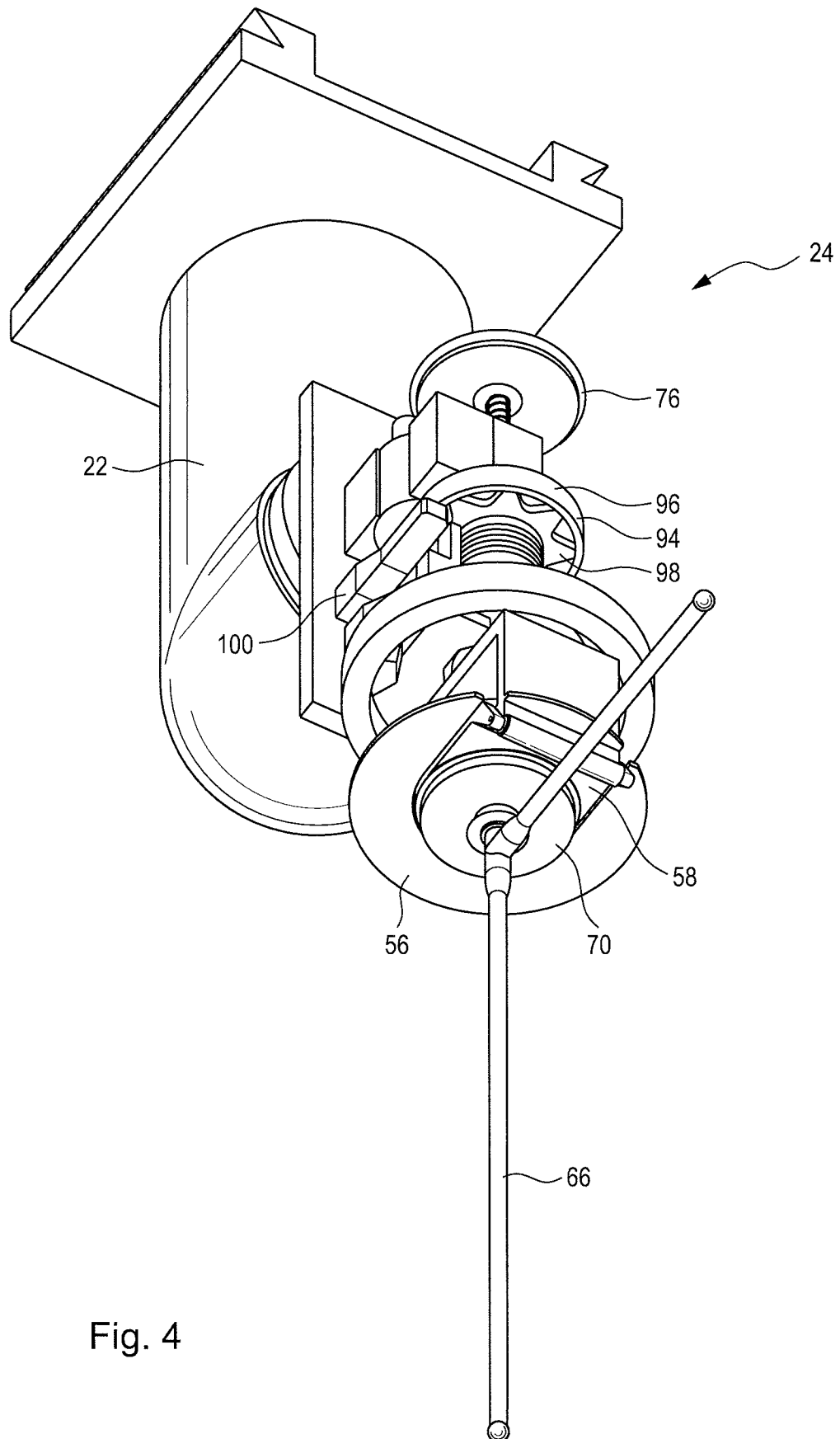


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/066556

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01B5/012 G01B5/016
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EP0-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 317 967 A (ZEISS FA CARL) 31 May 1989 (1989-05-31) abstract	1-13
Y	EP 0 502 592 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 9 September 1992 (1992-09-09) column 5, line 10 - column 6, line 8; figures 3-5	1-13

☐

Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 October 2014

Date of mailing of the international search report

28/10/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Malcoci, Andrei

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/066556

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0317967	A	31-05-1989	DE 3740070 A1	08-06-1989
			EP 0317967 A2	31-05-1989
			JP 2788247 B2	20-08-1998
			JP H01156616 A	20-06-1989
			US 4888877 A	26-12-1989

EP 0502592	A1	09-09-1992	EP 0502592 A1	09-09-1992
			JP 2813486 B2	22-10-1998
			JP H04278498 A	05-10-1992
			US 5479834 A	02-01-1996

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/066556

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01B5/012 G01B5/016
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01B

Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EP0-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 317 967 A (ZEISS FA CARL) 31. Mai 1989 (1989-05-31) Zusammenfassung -----	1-13
Y	EP 0 502 592 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 9. September 1992 (1992-09-09) column 5, line 10 - column 6, line 8; Abbildungen 3-5 -----	1-13



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. Oktober 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/10/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Malcoci, Andrei

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/066556

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0317967	A	31-05-1989	DE	3740070 A1	08-06-1989
			EP	0317967 A2	31-05-1989
			JP	2788247 B2	20-08-1998
			JP	H01156616 A	20-06-1989
			US	4888877 A	26-12-1989

EP 0502592	A1	09-09-1992	EP	0502592 A1	09-09-1992
			JP	2813486 B2	22-10-1998
			JP	H04278498 A	05-10-1992
			US	5479834 A	02-01-1996
