(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
26. Juni 2014 (26.06.2014)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/094828 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01B 11/00 (2006.01) *B41J 19/20* (2006.01)
G02B 15/14 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/075968

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. Dezember 2012 (18.12.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder: **CARL ZEISS INDUSTRIELLE MESSTECHNIK GMBH** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse 22, 73447 Oberkochen (DE).

(72) Erfinder: **ENGEL, Thomas**; Haertsfeldstrasse 146, 73432 Aalen (DE).

(74) Anwalt: **WITTE, WELLER & PARTNER**; 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, 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]

WO 2014/094828 A1

(54) **Title**: ZOOM LENS HAVING SETTING ERROR CORRECTION

(54) **Bezeichnung** : ZOOMOBJEKTIV MIT STELLFEHLERKORREKTUR

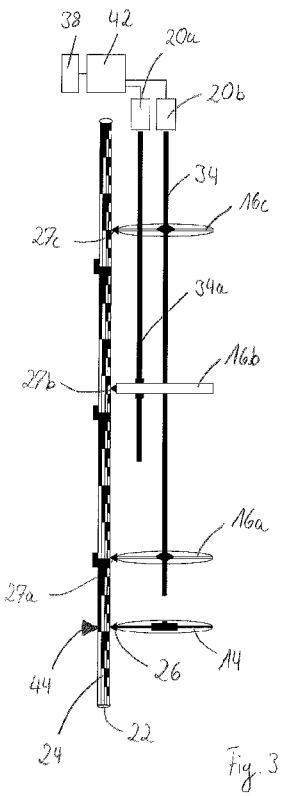


Fig. 3

(57) **Abstract**: The invention relates to a zoom lens for an optical coordinate measuring instrument (1), which is designed to determine geometric properties of an object to be measured. Arranged on the zoom lens are a first active optical group (14) and at least one second active optical group (16a), which can be moved along a common optical axis (40). At least the second active optical group (16a) can specifically be displaced axially along a guide system (34) parallel to the optical axis (40). Furthermore, the zoom lens has a setting device (20) for positioning the axially displaceable second active group (16a) on the guide system (34), having at least one information carrier (22) which has a defined scale (24) for position determination. The first detector (26) for position determination is coupled to the first active group (14), and at least one second detector (27a) for position determination is coupled to the second active group (16a). Furthermore, the first detector (26) and the second detector (27a) are each designed to read the information carrier (22), in order to permit a position determination of the first and the second active group (14, 16a) relative to a common information carrier (22).

(57) **Zusammenfassung**: Vorgeschlagen wird ein Zoomobjektiv für ein optisches Koordinatenmessgerät (1), das zum Bestimmen von geometrischen Eigenschaften eines Messobjekts ausgebildet ist. Am Zoomobjektiv sind eine erste optische Wirkgruppe (14) und mindestens eine zweite optische Wirkgruppe (16a) angeordnet, die entlang einer gemeinsamen optischen Achse (40) beweglich sind. Mindestens die zweite optische Wirkgruppe (16a) ist axial entlang eines Führungssystems (34) parallel zu der optischen Achse (40) gezielt verschiebbar. Ferner weist das Zoomobjektiv eine Einstellvorrichtung (20) zum Positionieren der axial verschiebbaren

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

zweiten Wirkgruppe (16a) auf dem Führungssystem (34) auf, mit zumindest einem Informationsträger (22), der einen definierten Maßstab (24) zur Positionsbestimmung aufweist. Ein erster Detektor (26) ist zur Positionsbestimmung mit der ersten Wirkgruppe (14) gekoppelt, sowie mindestens ein zweiter Detektor (27a) zur Positionsbestimmung mit der zweiten Wirkgruppe (16a) gekoppelt ist. Weiterhin sind der erste Detektor (26) und der zweite Detektor (27a) jeweils dazu ausgebildet, den Informationsträger (22) auszulesen, um eine Positionsbestimmung der ersten und der zweiten Wirkgruppe (14, 16a) relativ zu einem gemeinsamen Informationsträger (22) zu ermöglichen.

Zoomobjektiv mit Stellfehlerkorrektur

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Zoomobjektiv für ein optisches Koordinatenmessgerät, das zum Bestimmen von geometrischen Eigenschaften eines Messobjekts ausgebildet ist, mit einer ersten optischen Wirkgruppe und mindestens einer zweiten optischen Wirkgruppe, die entlang einer gemeinsamen optischen Achse angeordnet sind, wobei mindestens die zweite optische Wirkgruppe axial entlang eines Führungssystems parallel zu der optischen Achse gezielt verschiebbar ist, mit einer Einstellvorrichtung zum Positionieren der axial verschiebbaren zweiten Wirkgruppe auf dem Führungssystem, mit zumindest einem Informationsträger, der einen definierten Maßstab zur Positionsbestimmung aufweist, mit einem ersten Detektor, der zur Positionsbestimmung mit der ersten Wirkgruppe gekoppelt ist, und mit mindestens einem zweiten Detektor, der zur Positionsbestimmung mit der zweiten Wirkgruppe gekoppelt ist.

[0002] Ein solches Zoomobjektiv ist beispielsweise aus DE 24 10 744 bekannt.

[0003] In der industriellen Messtechnik werden zunehmend optische Messverfahren eingesetzt, bei denen unter anderem Zoomobjektive verwendet werden, um hochauflösende Messungen zu ermöglichen. Beispielsweise offenbart WO 99/053268 ein Koordinatenmessgerät mit einem Zoomobjektiv. Für Anwendungen in der Messtechnik werden Zoomobjektive benötigt, die sehr präzise und vor allem reproduzierbar die für eine Messung gewünschte Vergrößerung und Fokussierung einstellen können. Abweichungen in der Vergrößerung/Fokussierung vergrößern die minimal erreichbare Messunsicherheit und führen daher zu einer Verringerung der Messgenauigkeit. Eine Fehlpositionierung der optischen Wirkgruppen, wie sie etwa durch Stell- bzw. Zählfehler der elektrischen Antriebe, Fertigungsungenauigkeiten in der mechanischen Ablaufführung oder aber durch thermische Effekte, wie Veränderung der Umgebungstemperatur und/oder Eigenerwärmung des Objektivs durch die elektrischen Antriebe, auftreten kann, trägt erheblich zur Messunsicherheit bei. Bekannte Zoomobjektive sind in dieser Hinsicht und insbesondere für Anwendungen im Bereich der Messtechnik noch nicht optimal.

[0004] Die eingangs genannte DE 24 10 744 beschreibt ein Zoomobjektiv mit veränderbarer Brennweite bestehend aus mehreren beweglichen optischen Wirkgruppen (dort als Glieder bezeichnet), die mit Lagedetektoren gekoppelt sind. Des Weiteren besitzt das Objektiv eine Einrichtung zur Durchführung von mathematischen Operationen und eine Einstelleinrichtung, mit der die Position einer optischen Wirkgruppe entlang der optischen Achse geändert werden kann. Für die Tätigung von Aufnahmen, bei denen ein Zoombetrieb erfolgt, wird zunächst eine Wirkgruppe zu Fokussierungszwecken verschoben. Anschließend wird mit einer anderen Wirkgruppe die Vergrößerung eingestellt und der Verschiebungsbetrag von dem ersten Detektor ermittelt. Danach wird die zunächst verschobene Wirkgruppe in Abhängigkeit des ermittelten Verschiebungsbetrages nochmals verschoben und somit der veränderten Vergrößerung nachgeführt. Der Verschiebemechanismus ist so ausgelegt, dass bei einer Änderung in der Vergrößerung die beweglichen Wirkgruppen so nachgestellt werden, dass keine Bildverschiebung der Bildebene auftritt.

[0005] DE 24 25 645 beschreibt eine weitere Einstelleinrichtung für Zoomobjektive mit veränderbarer Brennweite. Hierbei wird eine verschiebbare optische Wirkgruppe mit einer Abtasteinrichtung verbunden, die durch Abtastung einer auf einem Informationsträger angebrachten digitalen Steuerspur auf optisch-elektronischem Wege Impulse an einen Motor zur automatischen Steuerung der anderen Wirkgruppe schickt.

[0006] Aus DE 26 11 639 ist ein weiteres Zoomobjektiv bekannt, bei dem die zueinander abhängigen Verstellwege der axial verschiebbaren optischen Wirkgruppen in einem Speicher in digitaler Form fest eingespeichert sind. Durch eine Steuerschaltung werden die Informationen aus dem Speicher ausgelesen und über elektromechanische Mittel auf die abhängige Verstellbewegung der ausführenden optischen Schiebeglieder übertragen.

[0007] Generell beruhen die bekannten Zoomobjektive auf dem Prinzip, die optischen Wirkgruppen des Zoomobjektives entlang einer optischen Achse zu positionieren, um eine gewünschte Vergrößerung und/oder Fokussierung einzustellen. Die optischen Wirkgruppen werden hierzu relativ zueinander in vordefinierte Positionen verfahren, beispielsweise durch mechanische oder elektrische Antriebe. Mechanische Antriebe

können durch mechanische Kopplungen, Getriebe, Hebelverbindung oder mechanische Kurvenscheiben oder Walzen mit Ablaufkurven realisiert werden. Elektrische Antriebe können mit Schrittmotoren mit Spindeln, Riemen und/oder Zahnstangen aufgebaut sein. Die Positionierung der einzelnen Wirkgruppen entlang der optischen Achse kann bei elektrischen Antrieben mit Schrittmotoren durch das Zählen von Stellschritten ausgehend von einem Referenzpunkt erfolgen. Alternativ können auch DC-Motorantriebe (bürstenbehaftete oder bürstenlose Motoren) eingesetzt werden, die z.B. mit einem Encoder oder Zähler entweder absolut messend oder bezogen auf Referenzpunkte zählen. Die erreichbare Abbildungsgüte ist maßgeblich von der genauen Positionierung der einzelnen Wirkgruppen abhängig und somit unmittelbar von der Fertigungsgenauigkeit der mechanischen Ablaufführung bzw. der Stellgenauigkeit der Motoren.

[0008] Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Zoomobjektiv für die Verwendung an Koordinatenmessgeräten bereitzustellen, das eine sehr präzise und vor allem sehr exakt reproduzierbare Positionierung der optischen Wirkgruppen ermöglicht.

[0009] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird diese Aufgabe mit einem Zoomobjektiv eingangs genannter Art dadurch gelöst, dass der erste Detektor und der zweite Detektor jeweils dazu ausgebildet sind, den Informationsträger auszulesen, um eine Positionsbestimmung der ersten und der zweiten Wirkgruppe relativ zu einem gemeinsamen Informationsträger zu ermöglichen.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Idee zugrunde, innerhalb des Zoomobjektivs ein gemeinsames Referenzelement, den gemeinsamen Informationsträger, einzuführen, auf das sich die Wirkgruppen des Zoomobjektives einheitlich beziehen. Hierzu sind an den Wirkgruppen Detektoren zum Auslesen des Informationsträgers angeordnet, wobei der Informationsträger einen auslesbaren und/oder abtastbaren Maßstab aufweist. In vorteilhaften Varianten weist das Zoomobjektiv definierte Betriebsstellungen auf, in denen sich die optischen Wirkgruppen in definierten Positionen oder in definierten Abständen zueinander befinden, um gewünschte Abbildungseigenschaften bereitzustellen. Während und/oder nach der Einnahme einer Betriebsstellung wird die tatsächliche Position der ersten, zweiten und/oder jeder weiteren Wirkgruppe durch die

jeweiligen Detektoren im Bezug auf den Informationsträger bestimmt. Durch Abgleichen der Messwerte mit Erwartungswerten kann ein Stell- oder Positionierungsfehler ermittelt werden. Die Verwendung eines gemeinsamen Informationsträgers für eine Vielzahl von optischen Wirkgruppen in einem Objektiv führt dabei zu einer sehr hohen Reproduzierbarkeit und infolge dessen zu einer geringen Messunsicherheit.

[0011] In einigen bevorzugten Ausgestaltungen ist der Informationsträger nicht ein notwendiger Teil der Einstellvorrichtung, sondern ein zusätzliches Bauelement, das in erster Linie zum Überprüfen einer bereits eingestellten Position dient. Die Einstelleinrichtung kann in diesen Fällen unabhängig vom gemeinsamen Informationsträger agieren und die Wirkgruppe(n) in die gewünschte Position verschieben. Beispielsweise wird die Position der Wirkgruppen eingestellt, indem die Schritte der verwendeten Schrittmotoren bis zu einem Sollwert gezählt werden. Erst dann folgt in diesen Ausgestaltungen die Überprüfung der eingestellten Position anhand des gemeinsamen Informationsträgers. In anderen Ausgestaltungen können der Informationsträger und die Detektoren an den Wirkgruppen jedoch unmittelbar zur Einstellung der jeweiligen Position verwendet werden. In diesen Fällen ist der Informationsträger vorteilhafter Weise Teil eines geschlossenen Regelkreises, mit dem die Position der Wirkgruppen eingestellt wird.

[0012] Der Vorteil des neuen Zoomobjektivs liegt darin, Stell- und Positionsfehler messtechnisch erfassen zu können, um diese anschließend zu kompensieren. Neben Stell- und Positionsfehlern, die durch die begrenzte Führungsgenauigkeit der Einstellvorrichtung hervorgerufen werden, können insbesondere auch Fehler durch thermische Effekte und/oder Verschleiß erkannt werden. Im Gegensatz zu bekannten Zoomobjektiven können daher im neuen Zoomobjektiv auch Wirkgruppen einen Detektor aufweisen, die von der Konstruktion her eigentlich feststehende Wirkgruppen sind, d.h. die nicht gezielt bewegt werden. Auch solche Wirkgruppen können durch thermische bedingte Materialdehnungen oder -schrumpfungen Ortveränderungen durchlaufen. Insbesondere beim Einsatz des Zoomobjektives bei unterschiedlichen Temperaturen wird daher mit der vorliegenden Erfindung eine hohe Reproduzierbarkeit der Abbildung erreicht.

[0013] Insgesamt ermöglicht das neue Zoomobjektiv also, mithilfe eines gemeinsamen Referenzelements Stell- und Positionsfehler der optischen Wirkgruppen zu

erkennen. Der für mehrere Wirkgruppen gemeinsame Informationsträger ermöglicht dabei eine hohe Genauigkeit bei der Positionierung der Wirkgruppen relativ zu einander. Daher besitzt das neue Zoomobjektiv eine sehr hohe Reproduzierbarkeit und eignet sich sehr gut für die Verwendung an einem optisch messenden Koordinatenmessgerät. Die oben genannte Aufgabe ist vollständig gelöst.

[0014] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist der Informationsträger einstückig.

[0015] Vorzugsweise ist der Informationsträger hier aus einem einzigen Materialstück gefertigt, insbesondere in Form eines länglichen Stabes. Prinzipiell kann der Informationsträger aber auch aus mehreren Teilstücken bestehen, die zu einem einstückigen Informationsträger zusammengefügt sind. Generell ist es bevorzugt, wenn sich der Informationsträger über die Länge des Zoomobjektivs in Richtung der optischen Achse erstreckt, so dass sich alle Wirkgruppen auch in ihrer größtmöglichen Auslenkung an dem gemeinsamen Informationsträger referenzieren können. Besonders bevorzugt ist der Informationsträger über seine gesamte Länge aus einem einheitlichen Material gefertigt und in seiner Längsrichtung gleichförmig. Die einteilige Realisierung des Informationsträgers ist vorteilhaft, da sie eine noch höhere Genauigkeit ermöglicht. Fertigungstoleranzen an Stoßstellen und/oder separaten Montagepositionen werden vermieden.

[0016] In einer weiteren Ausgestaltung verläuft der Informationsträger parallel zu der optischen Achse in einer Symmetrielinie des Führungssystems.

[0017] In dieser Ausgestaltung erstreckt sich der Informationsträger unterhalb, oberhalb oder seitlich von der optischen Achse, je nachdem wie man das Zoomobjektiv bei der Betrachtung hält. Vorteilhaft sitzt der Informationsträger weitgehend mittig zwischen zwei Führungsbahnen des Führungssystems und somit in einer Symmetrieebene des Führungssystems. Vorzugsweise sind die Halter, mit denen die Wirkgruppen an den Führungsbahnen befestigt werden, spiegelsymmetrisch zu der optischen Achse und somit auch spiegelsymmetrisch zu dem Informationsträger angeordnet. Bei einer gleichmäßigen Erwärmung des Führungssystems bleibt die Lage der Bewegungsachse in Bezug auf die optische Achse somit erhalten. Da die Positionsbestimmung hiernach im Wesentlichen

entlang der optischen Achse erfolgt, trägt diese Anordnung zur Vermeidung von Kippfehlern bei. Alternativ könnte bei einfachen Zoomsystemen, die lediglich eine Führungsschiene aufweisen, der Informationsträger auf oder an dieser Führungsschiene liegen, um Kippfehler zu vermeiden. Diese Ausgestaltung ist besonders vorteilhaft, um die Abbildungsgüte und die Messgenauigkeit weiter zu erhöhen.

[0018] In einer weiteren Ausgestaltung weist das Zoomobjektiv ein Gehäuse auf, indem die erste und die zweite Wirkgruppe angeordnet sind, wobei das Gehäuse einen ersten thermischen Längenausdehnungskoeffizienten aufweist, wobei der Informationsträger einen zweiten thermischen Längenausdehnungskoeffizienten aufweist, und wobei der zweite thermische Längenausdehnungskoeffizient kleiner als der erste thermische Längenausdehnungskoeffizient ist.

[0019] In dieser Ausgestaltung ist der Informationsträger aus einem Material hergestellt, das eine hohe Formstabilität bei Temperaturänderungen besitzt. In jedem Fall sind die temperaturbedingten Längenänderungen kleiner als die entsprechenden Längenänderungen des Objektivkörpers. Vorzugsweise ist der Informationsträger aus Graphit mit einem Temperaturkoeffizienten α von $\leq 2{,}9 \times 10^{-6} \times K^{-1}$ oder aus Glas mit einem Temperaturkoeffizienten α von $\leq 2{,}6 \times 10^{-6} \times K^{-1}$ hergestellt. In einigen Ausführungsbeispielen ist der Informationsträger ein Glasmaßstab aus Zerodur®. Alternativ kann der Informationsträger auch aus anderen keramischen Werkstoffen mit niedrigen Ausdehnungskoeffizienten gefertigt sein, so z.B. Sialon von Krosaki Harima Corporation. Ferner sind auch Metalle möglich, wie z.B. Invar. Allgemein werden diese Materialien als LTE-(Low Thermal Expansion)-Materialien bezeichnet. Die geringe Temperaturabhängigkeit des Informationsträgers ist vorteilhaft, um eine hohe Positioniergenauigkeit und Reproduzierbarkeit bei wechselnden Umgebungsbedingungen zu ermöglichen. Wird das Zoomobjektiv in der Messtechnik verwendet, kann das Zoomobjektiv daher auch außerhalb eines klimatisieren Referenzraums, beispielsweise in einer Fertigungshalle, verwendet werden. Generell kann das Führungssystem für die optischen Wirkgruppen auch als Halter für den Informationsträger dienen oder gar den Maßstab beinhalten. In diesen Fällen ist es von Vorteil, wenn das Führungssystem überwiegend aus einem der oben genannten LTE-Materialen hergestellt ist, z.B. aus Invar, Sialon oder Zerodur. In diesen Fällen besitzt das

Führungssystem einen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten, der kleiner ist als der thermische Längenausdehnungskoeffizient des Gehäuses.

[0020] In einer weiteren Ausgestaltung weist das Zoomobjektiv ein Gehäuse auf, in dem die erste optische Wirkgruppe ortsfest angeordnet ist.

[0021] Die ortsfeste Anordnung der ersten optischen Wirkgruppe am Gehäuse des Zoomobjektives ist vorteilhaft, um eine konstante Störkontur beim Verfahren des Objektivs relativ zu einem Messobjekt zu gewährleisten. Kollisionen zwischen Messobjekt und Zoomobjektiv lassen sich einfacher vermeiden. Darüber hinaus kommen die Vorteile des neuen Zoomobjektivs besonders gut zur Geltung, wenn die Bestimmung der tatsächlichen Positionen der Wirkgruppen auch an sich feststehende Wirkgruppen einschließt.

[0022] In einer weiteren Ausgestaltung ist der Informationsträger an einem definierten Fixpunkt mit einem Festlager schwimmend gelagert.

[0023] Ein schwimmend gelagerter Informationsträger kann sich bei Temperaturänderungen frei ausdehnen bzw. zusammenziehen, ohne dass er sich aufgrund einer Einspannung an mehreren Punkten in unerwünschter Weise verformt. Der Informationsträger ist jedoch nicht „völlig frei“ schwimmend gelagert, sondern an (genau) einem definierten Fixpunkt befestigt. Vorzugsweise ist der definierte Fixpunkt an einer feststehenden Wirkgruppe innerhalb des Zoomobjektivs angeordnet, die so für alle weiteren Wirkgruppen als Referenzpunkt dient. Eine definierte Relativposition der Wirkgruppen zueinander kann mit dieser Ausgestaltung besonders einfach gewährleistet werden.

[0024] In einer weiteren Ausgestaltung ist im Bereich des Informationsträgers mindestens ein Temperaturfühler angeordnet.

[0025] In dieser Ausgestaltung weist der Informationsträger mindestens einen Temperaturfühler auf, der die Temperatur des Informationsträgers bestimmt. Anhand der gemessenen Temperatur wird eine Ausdehnung mittels des Temperaturkoeffizienten des Informationsträgers ermittelt. Beim Bestimmen der Position der Wirkgruppen wird die

Ausdehnung des Informationsträgers berücksichtigt. Vorzugsweise sind mehrere Temperaturfühler über die gesamte Länge des Informationsträgers verteilt, um den Temperaturverlauf über den Informationsträger festzustellen. Aus dem Temperaturverlauf lassen sich Korrekturparameter für die einzelnen Detektoren ermitteln, wodurch die Messgenauigkeit weiter erhöht wird.

[0026] In einer weiteren Ausgestaltung weist das Zoomobjektiv einen Speicher auf, in dem Kalibrierdaten gespeichert sind, die Führungsfehler des Führungssystems und/oder thermische Korrekturparameter und/oder Maßstabsfehler des Maßstabs repräsentieren.

[0027] In dieser Ausgestaltung verfügt das Zoomobjektiv über einen Speicher, in dem die oben genannten Kalibrierdaten abgelegt sind. Mit diesen Kalibrierdaten, die in bevorzugten Ausführungsbeispielen vom Hersteller des Zoomobjektivs bereitgestellt werden, kann die Positioniergenauigkeit durch eine rechnerische Korrektur anhand der Kalibrierdaten weiter erhöht werden. Die Kalibrierdaten werden vorteilhaft mittels Messung mit einem bezogen auf die zu vermessenden Elemente präziseren Messinstrument ermittelt und können auch nachträglich durch regelmäßiges Vermessen angepasst werden. In einigen vorteilhaften Ausführungsbeispielen ist der Speicher in oder an dem Gehäuse des Zoomobjektivs angeordnet und somit in das Zoomobjektiv integriert. In anderen Ausführungsbeispielen ist der Speicher separat von dem Zoomobjektiv realisiert, etwa in Form einer Speicherkarte, die mit der Auswerte- und Steuereinheit eines Koordinatenmessgerätes gelesen werden kann. In einigen Ausführungsbeispielen erfolgt eine gemittelte Korrektur für mehrere oder alle Detektoren. In anderen Ausführungsbeispielen erfolgt mit den Kalibrierdaten eine Einzelkorrektur für jede Wirkgruppe bzw. jeden Detektor. Generell kann mit den Kalibrierdaten die tatsächliche Position der einzelnen Wirkgruppen relativ zueinander korrigiert werden. Alternativ oder ergänzend ist es möglich, dass die Auswerte- und Steuereinheit des Koordinatenmessgerätes mit Hilfe der Kalibrierdaten eine rein rechnerische Korrektur der durch das Zoomobjektiv aufgenommenen Bilder ausführt.

[0028] In einer weiteren Ausgestaltung weist das Zoomobjektiv eine dritte optische Wirkgruppe, insbesondere in Form einer Aperturblende, und zumindest eine weitere

optische Wirkgruppe auf, die jeweils entlang des Führungssystems verschiebbar sind. Ferner weist das Zoomobjektiv einen dritten und zumindest einen weiteren Detektor auf, wobei der dritte und der zumindest eine weitere Detektor jeweils dazu ausgebildet sind, den Informationsträger auszulesen, um eine Positionsbestimmung der dritten und der zumindest einen weiteren Wirkgruppe relativ zu dem gemeinsamen Informationsträger zu ermöglichen.

[0029] In dieser Ausgestaltung weist das Zoomobjektiv weitere Wirkgruppen auf, insbesondere eine entlang der optischen Achse verschiebbare Aperturblende. Die weiteren Wirkgruppen sind vorteilhaft mit einem eigenen Detektor gekoppelt, um ihre jeweilige Position bezüglich des gemeinsamen Informationsträges zu bestimmen. Je mehr Wirkgruppen den gemeinsamen Informationsträger referenzieren, desto genauer kann das Zoomobjektiv abgestimmt werden. Vorzugsweise ist jede relevante Wirkgruppe mit einem Detektor zum Auslesen des Informationsträgers versehen.

[0030] In einer weiteren Ausgestaltung ist zumindest der zweite Detektor dazu ausgebildet, sowohl eine Verschiebung als auch eine Rotation der Wirkgruppe zu bestimmen.

[0031] Neben einer Verschiebung kann auch eine Rotation einer Wirkgruppe um eine Achse, die quer zu der optischen Achse liegt, einen Positionsfehler hervorrufen, der die optischen Eigenschaften des Zoomobjektivs negativ beeinflusst. In dieser Ausgestaltung ist der Detektor dazu ausgebildet auch solche Rotationsfehler zu detektieren. In einigen Ausführungsbeispielen ist hierzu ein weiterer Informationsträger im Zoomobjektiv integriert, der zusätzlich zum gemeinsamen Informationsträger ausgelesen werden kann, um einen Rotationsfehler zu erkennen.

[0032] In einer weiteren Ausgestaltung werden die Detektoren induktiv mit Energie versorgt.

[0033] In dieser Ausgestaltung wird die Energie, die die Detektoren zum Auswerten des Informationsträgers und/oder zum Übertragen von Messwerte benötigen,

durch Induktion übertragen. Eine zusätzliche Verkabelung für die Energieversorgung der Detektoren entfällt. Vorzugsweise ist eine Induktionsschiene entlang des Informationsträgers angeordnet, wobei die Detektoren einen definierten Abstand zu dieser Schiene aufweisen unabhängig davon, in welcher Position sich die Wirkgruppe zusammen mit dem Detektor befindet. Eine induktive Spannungsübertragung ist so in jeder Position der Wirkgruppe möglich. Die Energieversorgung der Detektoren lässt sich so besonders einfach realisieren.

[0034] In einer weiteren Ausgestaltung weist der Informationsträger mehrere Maßstäbe mit unterschiedlicher Auflösung auf.

[0035] In dieser Ausgestaltung ist der Informationsträger in verschiedene Abschnitte unterteilt. Die einzelnen Abschnitte weisen dabei unterschiedliche Maßstäbe auf. Hochauflösende Teilungsmaßstäbe werden nur in Abschnitten aufgetragen, in denen sie benötigt werden. Dies ermöglicht in einzelnen Abschnitten eine höhere Auflösung als an anderen Stellen. Dies ist besonders vorteilhaft, da nicht auf allen Abschnitten ein hochauflösender Teilungsmaßstab aufgebracht werden muss, wodurch die Kosten für die Herstellung des Informationsträgers gesenkt werden können. Alternativ sind neben unterschiedlichen Auflösungen auch verschiedene Skalierungen, beispielsweise logarithmische Skalierungen, realisierbar.

[0036] 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.

[0037] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Koordinatenmessgerät, in dem das neue Zoomobjektiv zur Anwendung kommt,

Figur 2 eine perspektivische Darstellung von Teilen des neuen Zoomobjektivs,

Figur 3 eine schematische Darstellung des neuen Zoomobjektivs in einer seitlichen Ansicht, und

Figur 4 eine schematische Darstellung des neuen Zoomobjektivs in Draufsicht.

[0038] In Fig. 1 ist ein Koordinatenmessgerät mit einem Ausführungsbeispiel des neuen Zoomobjektivs in seiner Gesamtheit mit der Bezugsziffer 1 bezeichnet. Das Koordinatenmessgerät 1 besitzt eine Werkstückaufnahme, die hier in Form eines Kreuztisches 2 ausgebildet ist. Oberhalb von dem Kreuztisch 2 ist eine Pinole 3 angeordnet. Die Pinole 3 trägt einen Messkopf 4, der in diesem Fall einen optischen Sensor 5 und einen taktilen Sensor 6 hält. Das hier dargestellte Koordinatenmessgerät 1 ist ein bevorzugtes Beispiel eines Multisensorik-Koordinatenmessgerätes, bei dem zusätzlich zu dem optischen Sensor 5 noch ein taktiler Sensor 6 zur Vermessung eines Messobjekts genutzt werden kann. Alternativ kann ein Koordinatenmessgerät in anderen Ausführungsbeispielen nur den einen optischen Sensor 5 oder mehrere optische Sensoren 5 besitzen, die jeweils das nachfolgend näher erläuterte Zoomobjektiv beinhalten.

[0039] Des Weiteren kann die vorliegende Erfindung nicht nur bei Koordinatenmessgeräten verwendet werden, die den in Fig. 1 dargestellten Maschinenaufbau besitzen. Prinzipiell kann das Koordinatenmessgerät in Brückenbauweise, Portalbauweise, Horizontalarmbauweise oder einer beliebigen anderen Maschinenbauweise ausgebildet sein. Darüber hinaus kann das neue Zoomobjektiv prinzipiell auch für andere Anwendungen genutzt werden, bei denen ein Zoomobjektiv mit einer sehr hohen Reproduzierbarkeit hinsichtlich Vergrößerung und Fokussierung benötigt wird.

[0040] Mit der Bezugsziffer 7 ist eine Auswerte- und Steuereinheit bezeichnet, die hier einerseits die Antriebe (nicht gesondert dargestellt) des Koordinatenmessgerätes 1 steuert, um den Messkopf 4 relativ zu dem Messobjekt zu verfahren. Andererseits liest die Auswerte- und Steuereinheit 7 Sensordaten des optischen und/oder taktilen Sensors 5, 6 ein, und sie bestimmt in Abhängigkeit von diesen Sensordaten und in Abhängigkeit

von der jeweiligen Position des Messkopfes und des Kreuztisches Raumkoordinaten für einen oder mehrere Messpunkte an dem Messobjekt und/oder andere Eigenschaften des Messobjekts. Die grundsätzliche Arbeitsweise eines solchen Koordinatenmessgerätes ist den einschlägigen Fachleuten bekannt und daher im Detail nicht weiter erläutert.

[0041] Der optische Sensor 5 beinhaltet vorzugsweise einen Bildsensor, der Bilder des Messobjekts aufnimmt und der Auswerte- und Steuereinheit zum Auswerten zur Verfügung stellt. Die Bilder können in der Auswerte- und Steuereinheit mit klassischen Methoden der Bildverarbeitung auswertet werden, etwa mit einer Mustererkennung und/oder Kantendetektion. Vorzugsweise kann die Bildaufnahme mit verschiedenen, wahlweise aktivierbaren Beleuchtungen erfolgen, etwa mit einem Durchlicht von unten oder einem Auflicht von oben. Damit kann wahlweise eine Dunkelfeld- oder eine Hellfeldmessung realisiert werden. In bevorzugten Ausführungsbeispielen beinhaltet der optische Sensor 5 außerdem einen konfokalen Weißlichtsensor, der die Entfernung zu einem Messpunkt am Messobjekt anhand einer spektralen Analyse des vom Messobjekt reflektierten Lichts bestimmt. Des Weiteren kann der optische Sensor 5 einen Streifenprojektor (hier nicht dargestellt) beinhalten, der ein Streifenmuster auf das Messobjekt projiziert, um in Abhängigkeit davon geometrische Eigenschaften des Messobjekts zu bestimmen. In den bevorzugten Fällen beinhaltet der optische Sensor 5 ferner ein Zoomobjektiv, das Bilder von dem Messobjekt wahlweise auf den Bildsensor und/oder auf den konfokalen Weißlichtsensor abbilden kann. Des Weiteren erfolgt auch die Streifenprojektion in dem bevorzugten Ausführungsbeispiel durch das Zoomobjektiv. Details eines Koordinatenmessgerätes mit einem solchen Zoomobjektiv, das zusammen mit verschiedenen optischen Messverfahren verwendet werden kann, sind in einer älteren internationalen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen PCT/EP2012/065396 und in einer U.S. Anmeldung mit dem Aktenzeichen 61/680,350 beschrieben, die hier durch Bezugnahme jeweils aufgenommen sind.

[0042] In der Fig. 2 ist ein Ausführungsbeispiel des neuen Zoomobjektivs in seiner Gesamtheit mit der Bezugsziffer 10 bezeichnet. Die Baugruppen im Inneren des Zoomobjektivs sind von einem Gehäuse 12 umschlossen. Das Gehäuse 12 ist hier halboffen dargestellt, vorzugsweise ist dieses jedoch vollständig geschlossen, um die inneren Baugruppen zu schützen. Das Zoomobjektiv 10 weist in diesem Ausführungsbei-

spiel eine feststehende Wirkgruppe 14 und zumindest drei bewegliche Wirkgruppen 16a, 16b, 16c auf. Wirkgruppen sind hier ganz allgemein Linsengruppen, einzelne Linsen, Blenden, aber auch Strahlteiler, Beugungsgitter, diffraktive Elemente, Lichtquellen oder andere optisch wirksame Baugruppen. In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Wirkgruppe 16a eine Linsengruppe, die relativ zu der ortsfesten Linsengruppe 14 axial verschiebbar ist, um eine definierte Vergrößerung einzustellen. Die Wirkgruppe 16b ist eine Aperturblende, die ebenfalls relativ zu der feststehenden Wirkgruppe 14 axial verschiebbar ist, um auf einfache Weise eine objektseitige Telezentrie über alle Vergrößerungen zu realisieren. Die Wirkgruppe 16c ist eine weitere Linsengruppe, die axial verschiebbar ist, um das Bild in Abhängigkeit von der gewählten Vergrößerung auf eine einheitliche Bildebene zu fokussieren. Prinzipiell könnte die Funktion der Wirkgruppen aber anders verteilt sein, indem beispielsweise die Wirkgruppe 16a die Fokussierung auf die Bildebene gewährleistet und die Wirkgruppe 16c die Vergrößerung einstellt.

[0043] Die beweglichen Wirkgruppen 16a, 16b, 16c sind an einem Führungssystem 34 (hier in Form einer Führungsschiene) beweglich gelagert und entlang der optischen Achse 40, die durch die Wirkgruppen definiert wird, axial verstellbar. Eine Einstellvorrichtung mit elektrischen Antrieben 20a, 20b steuert in diesem Ausführungsbeispiel die Positionierung der einzelnen Wirkgruppen 16a, 16b, 16c an dem Führungssystem 34.

[0044] Das Gehäuse 12 weist eine Lichteintrittsöffnung auf, die vorzugsweise durch die feste Wirkgruppe 14 lichtdurchlässig verschlossen ist, beispielsweise durch eine Sammellinse. Die feste Wirkgruppe 14 ist vorzugsweise fest mit dem Gehäuse 12 verbunden. Zum Fokussieren und zum Einstellen des gewünschten Zoomfaktors bezogen auf ein aufzunehmendes Objekt werden die beweglichen Wirkgruppen 16a, 16b, 16c mit Hilfe der elektrischen Antriebe 20a, 20b in jeweils vordefinierte Positionen entlang dem Führungssystem 34 bewegt.

[0045] Ferner weist das Zoomobjektiv 10 in diesem Ausführungsbeispiel einen stabförmigen Informationsträger 22 auf, welcher parallel zur optischen Achse 40 durch das Gehäuse 12 verläuft. Der Informationsträger 22 ist vorzugsweise nur in einem Punkt fest mit dem Gehäuse 12 verbunden. Der Informationsträger 22 kann sich bei Erwärmung

folglich frei von Spannungen ausdehnen und verformt sich nicht in ungewünschter Weise. Vorzugsweise besteht der Informationsträger jedoch aus einem Material, das einen sehr geringen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten aufweist, insbesondere aus Keramik und/oder Glas, wie etwa das unter der Bezeichnung Zerodur® vertriebene Glasmaterial. Besonders bevorzugt ist der Fixpunkt, an dem der Informationsträger 22 einseitig gelagert und/oder mit dem Gehäuse 12 verbunden ist, an der festen Wirkgruppe 14 oder zumindest im Bereich der festen Wirkgruppe 14 angeordnet. Die feste Wirkgruppe 14 kann so in einem noch näher zu erläuternden Mess- bzw. Korrekturverfahren als Referenzpunkt verwendet werden. Auf dem Informationsträger 22 ist in einigen Ausführungsbeispielen ein Maßstab mit einer absoluten und/oder relativen Längeninformation aufgetragen (hier nicht im Detail dargestellt). Der Maßstab kann eine regelmäßige Struktur in Form eines Teilungsmaßstabs zeigen, beispielsweise in Form eines Gitters oder mit einem periodischen Muster, oder alternativ auch stochastische Strukturen enthalten.

[0046] Mit den Bezugsziffern 26 und 27a, 27b, 27c sind in diesem Ausführungsbeispiel Detektoren bezeichnet, von denen jeweils einer mit einer der Wirkgruppen gekoppelt ist. In einigen Ausführungsbeispielen können die Detektoren an den Wirkgruppen befestigt sein. Eine Bewegung der Wirkgruppen relativ zu dem Informationsträger 22 führt folglich dazu, dass auch der gekoppelte Detektor 26, 27a, 27b, 27c an dieser Wirkgruppe mitbewegt wird. Ferner sind die Detektoren 26, 27a, 27b, 27c dazu ausgebildet, den Informationsträger 22 abzutasten. Je nach Beschaffenheit des Informationsträgers 22 bzw. des auf dem Informationsträger aufgetragenen Maßstabs 24 handelt es sich bei den Detektoren 26, 27a, 27b, 27c um optische, induktive, kapazitive, ferromagnetische und allgemein um aktive oder passive Detektoren. Die Detektoren machen es möglich, die Position der einzelnen Wirkgruppen 14, 16a, 16b, 16c in Bezug auf den Informationsträger 22 individuell und mit hoher Genauigkeit zu bestimmen. Anhand der erhaltenen Position kann dann ermittelt werden, ob die Wirkgruppen 14, 16a, 16b, 16c bezogen auf den Informationsträger 22 die erwartete Sollposition für eine definierte Betriebsstellung eingenommen haben oder nicht. Damit ist es möglich, die Position der einzelnen Wirkgruppen relativ zueinander optimal einzustellen, um eine gleichbleibend hohe Messgenauigkeit zu gewährleisten. Insbesondere ist es mit Hilfe des gemeinsamen Informationsträgers 22 möglich, die einzelnen Wirkgruppen mit einer gleichbleibend hohen

Reproduzierbarkeit relativ zueinander zu positionieren und/oder unerwünschte Verschiebungen aufgrund thermischer Effekte, Alterung und/oder Verschleiß zu kompensieren.

[0047] Die Detektoren 26, 27a, 27b, 27c weisen in einem Ausführungsbeispiel kabellose Verbindungen zum Übertragen der Messwerte und/oder zur Energieversorgung auf. Aktive Detektoren können beispielsweise induktiv mit Energie versorgt werden. In einem Ausführungsbeispiel sind die Antriebe 20a, 20b isoliert vom Gehäuse 12 und/oder den Führungssystemen 34, 34a angeordnet, wobei das Gehäuse 12 und/oder die Führungssysteme 34, 34a als Massepol für die Energiezuführung und/oder Datenübertragung fungieren. Dies reduziert die Anzahl an Kabeln, die zur Versorgung der Antriebe 20a, 20b benötigt werden. Derartige Kabel können die Laufeigenschaften der beweglichen Wirkgruppen ungünstig beeinflussen, beispielsweise durch Hystereseeffekte. In einigen Ausführungsbeispielen besitzt das Zoomobjektiv eine elektrische und/oder elektromagnetische und/oder optische Schnittstelle, die dazu ausgebildet ist, die Positionsinformationen der Detektoren an die Auswerte- und Steuereinheit des Koordinatenmessgerätes zu übertragen. Beispielsweise könnte die Datenübertragung per Funk oder optisch z.B. über Freistrahloptik auf Basis von IR Technologie erfolgen. Des Weiteren kann die Auswerte- und Steuereinheit die Position der Wirkgruppen relativ zueinander mit Hilfe von Steuersignalen für die Antriebe 20a, 20b einstellen, wobei die Steuersignale in Abhängigkeit von einer gewünschten Vergrößerung, einer gewünschten Fokussierung und in Abhängigkeit von Korrekturwerten bestimmt werden, die mit Hilfe der Positionsinformationen der Detektoren ermittelt sind.

[0048] Zusätzlich zu den Detektoren an den beweglichen Wirkgruppen 16a, 16b, 16c können in einigen Ausführungsbeispielen auch Detektoren 26 an den eigentlich feststehenden Wirkgruppen angeordnet sein. Feststehende Wirkgruppen, wie in diesem Beispiel die Lichteintrittslinse 14, bleiben bei jeder Betriebsstellung des Zoomobjektivs in einer gleichbleibenden, festen Position. Die festen Wirkgruppen können jedoch durch thermische Effekte, beispielsweise durch die Ausdehnung des Gehäuses 12, in Bezug auf die anderen Wirkgruppen versetzt werden. Daher sind vorzugsweise auch die festen Wirkgruppen mit Detektoren gekoppelt, um etwaige Abweichungen hervorgerufen durch äußere Bedingungen zu detektieren. Zur Kompensation dieser Fehler können die beweglichen Wirkgruppen ausgleichend verstellt werden. Aufnahmen mit dem Zoomobjektiv

werden hierdurch hochgradig reproduzierbar und nahezu unabhängig von äußeren Bedingungen. Weiterhin werden die Abbildungsgüte und die Genauigkeit des Zoomobjektivs maßgeblich erhöht.

[0049] Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel in einer schematischen Darstellung. Gleiche Bezugsziffern bezeichnen gleiche Elemente wie bereits in Fig. 2. Die Führungssystem 34, 34a, die Antriebe 20a, 20b sowie eine Steuereinheit 42 mit einem Speicher 38 sind hier schematisch angedeutet. Der Speicher 38 und die Steuereinheit 42 können in einigen Ausführungsbeispielen in oder an dem Gehäuse 12 des Objektivs angeordnet sein, so dass sie Teil des neuen Zoomobjektivs sind. In anderen Ausführungsbeispielen sind der Speicher 38 und die Steuereinheit 42 räumlich getrennt von dem Objektiv angeordnet, etwa in der Auswerte- und Steuereinheit 7 des Koordinatenmessgerätes 1. Mittels der schematisch angedeuteten Antriebe 20a, 20b können die beweglichen, nicht-ortsfesten Wirkgruppen 16a, 16b, 16c entlang der Führungssysteme 34, 34a verfahren werden.

[0050] Fig. 3 zeigt eine stark vereinfachte Seitenansicht eines neuen Zoomobjektivs. Wie in Fig. 2 ist auch hier die objektseitige vorderste (hier unterste) Wirkgruppe 14 eine an sich feststehende Wirkgruppe, die hier nicht mit dem Führungssystem 34 verbunden ist. Wie die beweglichen Wirkgruppen 16a, 16b, 16c verfügt jedoch auch die feste Wirkgruppe 14 hier über einen Detektor 26, mit dessen Hilfe die tatsächliche Position der Wirkgruppe 14 relativ zu dem Informationsträger 22 bestimmt werden kann. Die Detektoren 26, 27a, 27b, 27c sind dazu ausgebildet, den Maßstab 24, der auf den Informationsträger 22 aufgebracht ist, auszulesen. Schematisch angedeutet ist hier ein linearer Maßstab mit einer absoluten Positionsinformation. Alternativ könnte je nach Aufgabe auch ein anderer Maßstab verwendet werden, etwa mit einer relativen Positionsinformation, die ausgehend von einem definierten Referenzpunkt in Inkrementalschritten ausgelesen wird. Der Informationsträger 22 ist vorteilhaft mit einem Festlager 44 in einem Fixpunkt am Gehäuse befestigt und im Übrigen schwimmend gelagert. Wie der Fig. 3 zu entnehmen ist, ist dieser Fixpunkt hier vorteilhaft an der festen Wirkgruppe 14 angeordnet. Diese bevorzugte Anordnung hat den Vorteil, dass die feste Wirkgruppe 14 als Referenz dienen kann. Ermittelte Stell- und Positionsfehler können so bezogen auf die feststehende Wirkgruppe als Referenz kompensiert werden.

[0051] Alternativ können Stell- und Positionsfehler auch über andere Methoden zur Entfernungsmessung ermittelt werden. Beispielsweise könnte eine Abstandsmessung auch mittels eines Interferometers erfolgen, um die Positionen der Baugruppen 14 und 16a, 16b, 16c zu erfassen. Dabei müsste der Eindeutigkeitsbereich auch nur so groß sein, dass zusammen mit der grob bekannten Position aus den Antrieben 20a, 20b die exakte Position eindeutig bestimmt werden kann. Eine weitere Messmethode zur Abstandsmessung könnte durch eine Laufzeitmessung eines von einem Referenzpunkt zur Baugruppe ausgesendeten Signals realisiert werden. Mittels dieser Messwerte könnte zusammen mit den groben Positionsdaten der Antriebe eine präzise Ermittlung der Position der Baugruppen erreicht werden.

[0052] Der Speicher 38 kann Korrekturwerte für die Sollposition einzelner Wirkgruppen bei bestimmten Betriebsstellungen oder andere positionsbezogene Daten der Wirkgruppen beinhalten. Diese Korrekturwerte sind in den bevorzugten Ausführungsbeispielen anhand einer Kalibrierung mit externen Messgeräten ermittelt, insbesondere beim Hersteller des Zoomobjektivs. Die Korrekturwerte werden in Form von Kalibrierdaten in dem Speicher 38 bereitgestellt. Damit kann in vorteilhaften Ausführungsbeispielen eine von der Betriebsposition und/oder von der Umgebungstemperatur abhängige Positionskorrektur erfolgen, wie dies unter dem Begriff CAA (Computer Aided Accuracy) zur Kalibrierung und Korrektur von Führungsfehlern bei Koordinatenmessgeräten bekannt ist. Vorzugsweise erfolgt die Positionskorrektur automatisch in einem geschlossenen Regelkreis im Betrieb des Zoomobjektivs.

[0053] Ferner kann die Steuereinheit 42 aktuelle Positionsdaten der Detektoren, die im Betrieb des Zoomobjektivs bestimmt werden, in dem Speicher 38 abspeichern, um die aktuellen Positionsdaten für eine schnelle Wiederinbetriebnahme des Koordinatenmessgeräts nach einem Ausschalten zur Verfügung zu stellen. Alternativ oder ergänzend kann die Steuereinheit 42 eine „Referenzfahrt“ der beweglichen Wirkgruppen zu Beginn jeder Inbetriebnahme durchführen, um die jeweils aktuellen Positionen der Wirkgruppen zu ermitteln.

[0054] Weiterhin vorteilhaft sind daher in der Fig. 3 Temperaturfühler 32 am Informationsträger 22 angeordnet. Vorzugsweise sind die Temperaturfühler 32 über die

gesamte Länge des Informationsträgers 22 verteilt. Über die Temperaturfühler 32 wird die Temperatur des Informationsträgers 22 bzw. der Temperaturverlauf über dem Informationsträger 22 ermittelt. Bei bekannten Temperaturkoeffizienten des verwendeten Materials ist eine mögliche Ausdehnung aufgrund von Temperaturveränderungen berechenbar. Die hierbei ermittelten Werte können in die Berechnung der Stell- oder Positionsfehler mit eingehen. Durch die Temperaturmessung kann das Zoomobjektiv auch bei unterschiedlichen äußeren Bedingungen reproduzierbare Ergebnisse liefern.

[0055] Fig. 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel in einer schematischen Darstellung. In diesem Ausführungsbeispiel ist der Informationsträger 22 mittig unterhalb der Wirkgruppen 14, 16a, 16b, 16c entlang der optischen Achse 40 angeordnet. Der Informationsträger 22 liegt somit in einer Symmetrielinie 28 des Führungssystems 34. Die Wirkgruppen 14, 16a, 16b, 16c sind vorzugsweise spiegelsymmetrisch zum Informationsträger 22 mit Haltern 30 an dem Führungssystem 34 oder dem Gehäuse befestigt. Die Detektoren befinden sich in dieser Darstellung verdeckt hinter den Wirkgruppen 14, 16a, 16b, 16c. Die Anordnung des Informationsträgers 22 in einer Symmetrielinie 28 des Führungssystems 34 ist vorteilhaft, um Messfehler beim Auslesen des Informationsträgers 22 durch die Detektoren 26, 27a, 27b, 27c zu vermindern. Die Anordnung entspricht dem Abbe'schen Komparatorprinzip, welches besagt, dass eine zu messende Strecke und der Maßstab eines Messgerätes auf einer Achse liegen müssen, um Kippfehler erster Ordnung zu verringern. Weiterhin trägt die symmetrische Anordnung dazu bei, dass bei einer gleichmäßigen Erwärmung die Position der einzelnen Wirkgruppen relativ zur optischen Achse erhalten bleibt.

Patentansprüche

1. Zoomobjektiv für ein optisches Koordinatenmessgerät (1), das zum Bestimmen von geometrischen Eigenschaften eines Messobjekts ausgebildet ist, mit einer ersten optischen Wirkgruppe (14) und mindestens einer zweiten optischen Wirkgruppe (16a), die entlang einer gemeinsamen optischen Achse (40) angeordnet sind, wobei mindestens die zweite optische Wirkgruppe (16a) axial entlang eines Führungssystems (34) parallel zu der optischen Achse (40) gezielt verschiebbar ist, mit einer Einstellvorrichtung (20) zum Positionieren der axial verschiebbaren zweiten Wirkgruppe (16a) auf dem Führungssystem (34), mit zumindest einem Informationsträger (22), der einen definierten Maßstab (24) zur Positionsbestimmung aufweist, mit einem ersten Detektor (26), der zur Positionsbestimmung mit der ersten Wirkgruppe (14) gekoppelt ist, und mit mindestens einem zweiten Detektor (27a), der zur Positionsbestimmung mit der zweiten Wirkgruppe (16a) gekoppelt ist, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Detektor (26) und der zweite Detektor (27a) jeweils dazu ausgebildet sind, den Informationsträger (22) auszulesen, um eine Positionsbestimmung der ersten und der zweiten Wirkgruppe (14, 16a) relativ zu einem gemeinsamen Informationsträger (22) zu ermöglichen.

2. Zoomobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das der Informationsträger (22) einstückig ist.

3. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Informationsträger (22) parallel zu der optischen Achse (40) in einer Symmetrielinie (28) des Führungssystems (34) verläuft.

4. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch ein Gehäuse (12), in dem die erste und die zweite Wirkgruppe (14, 16a) angeordnet sind, wobei das Gehäuse (12) einen ersten thermischen Längenausdehnungskoeffizienten aufweist, wobei der Informationsträger (22) einen zweiten thermischen Längenausdehnungskoeffizienten aufweist, und wobei der zweite thermische Län-

genausdehnungskoeffizient kleiner ist als der erste thermische Längenausdehnungskoeffizient.

5. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch ein Gehäuse (12), in dem die erste optische Wirkgruppe (14) ortsfest angeordnet ist.

6. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Informationsträger (22) an einem definierten Fixpunkt mit einem Festlager (44) schwimmend gelagert ist.

7. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich des Informationsträgers (22) mindestens ein Temperaturfühler (32) angeordnet ist.

8. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 oder 7, gekennzeichnet durch einen Speicher (38), in dem Kalibrierdaten gespeichert sind, die Führungsfehler des Führungssystems (34) und/oder Maßstabsfehler des Maßstabs (24) repräsentieren.

9. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch eine dritte optische Wirkgruppe (16b), insbesondere in Form einer Aperturblende, und zumindest eine weitere optische Wirkgruppe (16c), die jeweils entlang des Führungssystems (34) verschiebbar sind, ferner mit einem dritten und zumindest einem weiteren Detektor (27b, 27c), wobei der dritte und der zumindest eine weiteren Detektor (27b, 27c) jeweils dazu ausgebildet sind, den Informationsträger (22) auszulesen, um eine Positionsbestimmung der dritten und der zumindest einen weiteren Wirkgruppe (16b, 16c) relativ zu dem gemeinsamen Informationsträger (22) zu ermöglichen.

10. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest der zweite Detektor (26a) dazu ausgebildet ist, sowohl eine Verschiebung als auch eine Rotation der zweiten Wirkgruppe (16a) zu bestimmen.

11. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektoren (26, 27) induktiv mit Energie versorgt werden.

12. Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Informationsträger (22) mehrere Maßstäbe (24) mit unterschiedlicher Auflösung aufweist.

13. Verfahren zum Ermitteln eines Stell- oder Positionsfehlers eines Zoomobjektivs mit einer ersten optischen Wirkgruppe (14) und mindestens einer zweiten optischen Wirkgruppen (16), die entlang einer optischen Achse (40) angeordnet sind, wobei mindestens die zweite optische Wirkgruppe axial entlang eines Führungssystems (34) verschiebbar ist, mit einer Einstellvorrichtung (20), zum Positionieren der axial verschiebbaren zweiten Wirkgruppen (14) auf dem Führungssystem (34), mit einem ersten Detektor (26), der an der ersten Wirkgruppe (14) angeordnet ist und mindestens einem zweiten Detektor (27), der an der zweiten Wirkgruppe (16) angeordnet ist, mit einem ersten Informationsträger (22), der einen definierten Maßstab (24) aufweist, und mit mindestens einer ersten Betriebsstellung, in der sich die erste optische Wirkgruppe in einer definierten ersten Position befindet und die zweite optische Wirkgruppe sich in einer definierten zweiten Position befindet, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Detektor (26) und der zweite Detektor (27a) jeweils dazu ausgebildet sind, den Informationsträger (22) auszulesen, um eine Positionsbestimmung der ersten und der zweiten Wirkgruppe (14, 16a) relativ zu einem gemeinsamen Informationsträger (22) zu ermöglichen.

14. Koordinatenmessgerät (1) zur Bestimmung von Raumkoordinaten an einem Messobjekt, mit einer Werkstückaufnahme (2) zur Aufnahme des Messobjekts, und mit einem Messkopf (4), der relativ zu der Werkstückaufnahme verfahrbar ist, wobei der Messkopf (4) ein Zoomobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 12 aufweist.

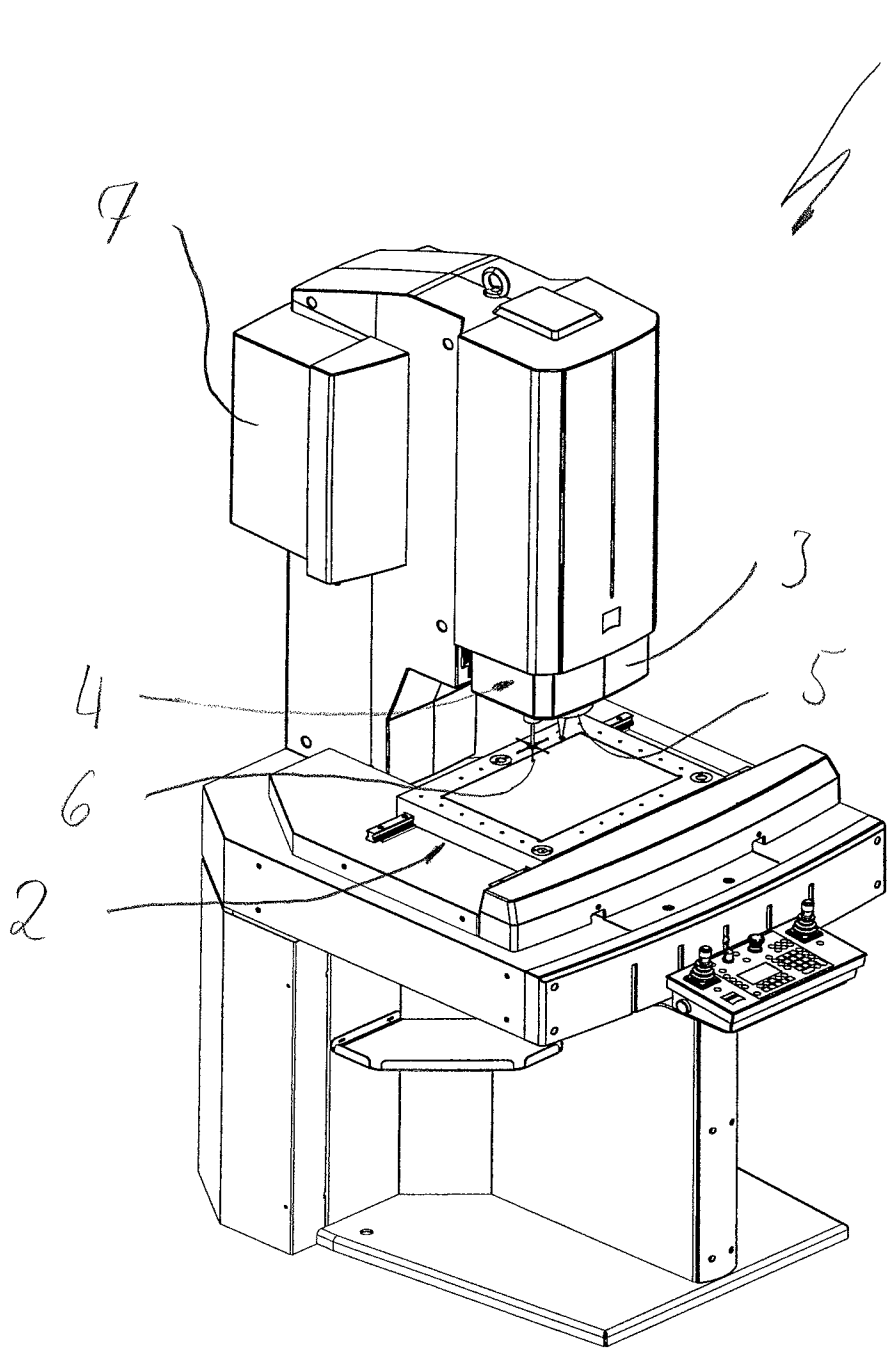


Fig. 1

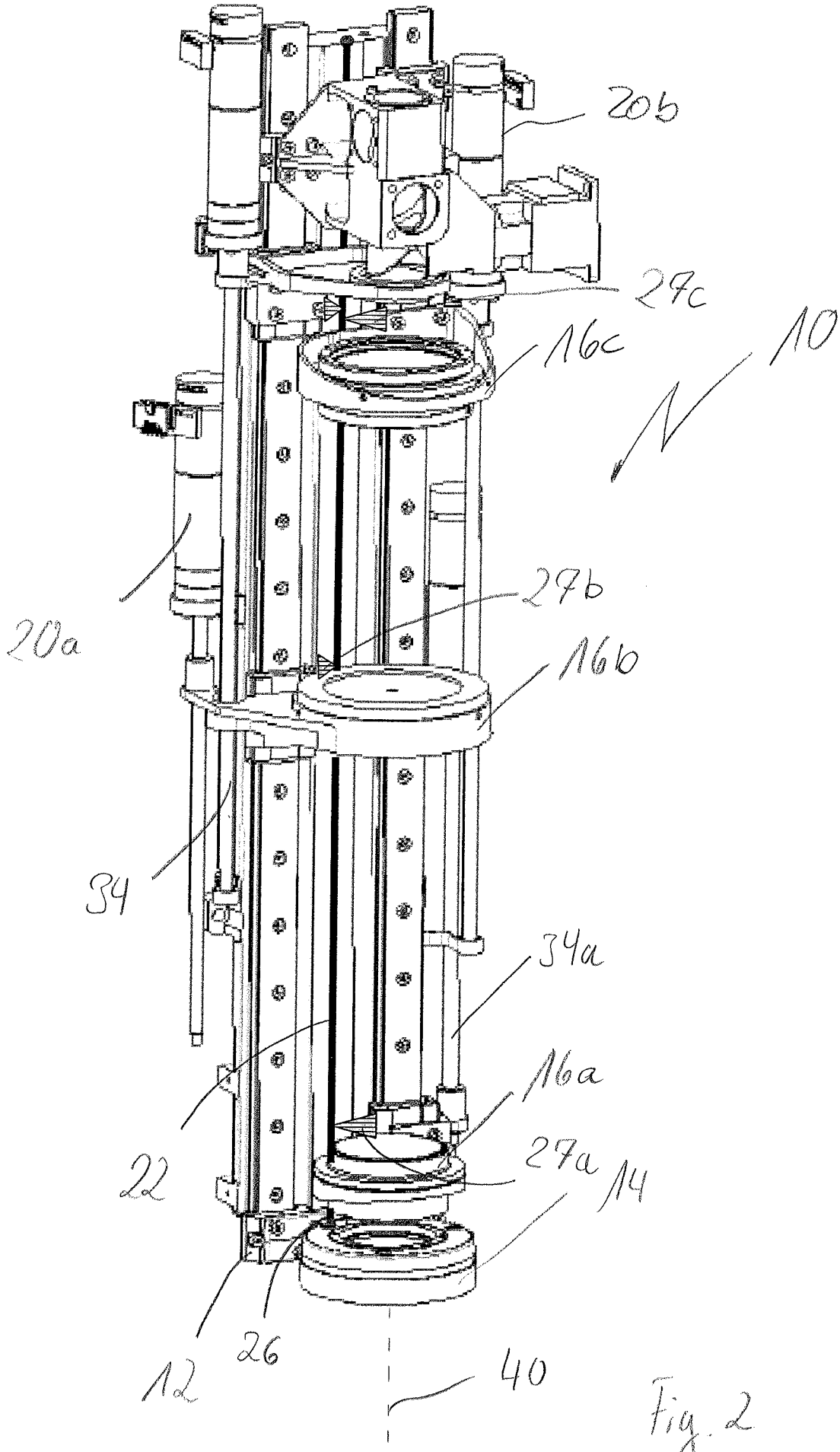


Fig. 2

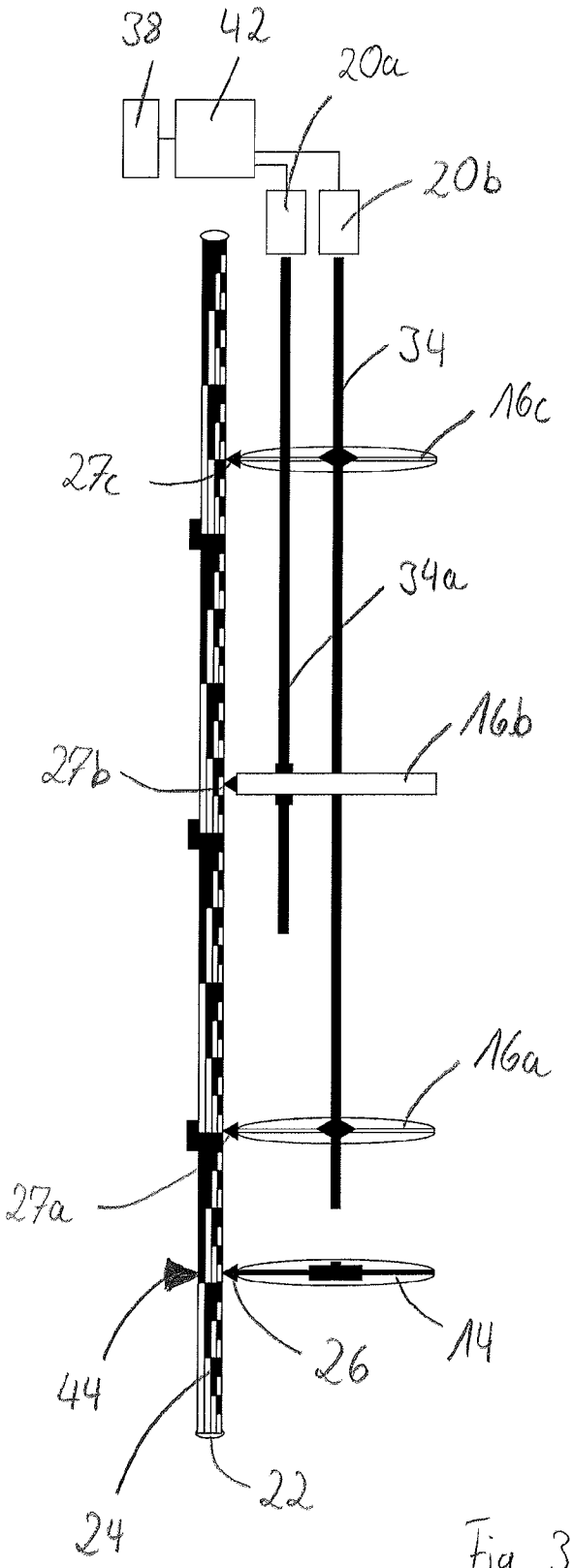

38
42
20a
20b
34
16c
27c
34a
16b
27b
16a
27a
44
26
14
22
24

Fig. 3

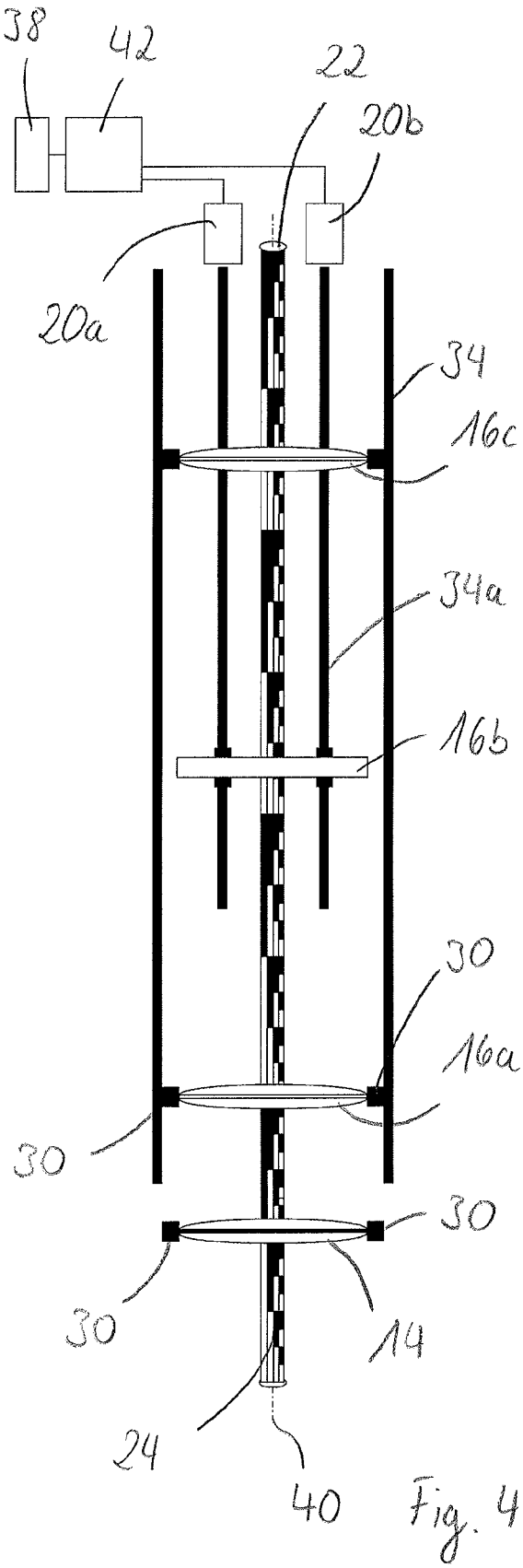

38
42
22
20b
20a
34
16c
34a
16b
30
16a
30
30
30
14
24
40

Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/075968

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01B11/00 G02B15/14 B41J19/20
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 G02B B41J

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)

EPO-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.
X	US 2006/061233 A1 (ITO YOSHIHIRO [JP] ET AL) 23 March 2006 (2006-03-23)	1-13
Y	figure 3 paragraphs [0014], [0044], [0051]	14

X	US 2006/262431 A1 (OHSATO MASAYOSHI [JP]) 23 November 2006 (2006-11-23)	1-13
Y	figure 5 paragraph [0076]	14

X	JP 2000 028894 A (MINOLTA CO LTD) 28 January 2000 (2000-01-28)	1-13
Y	abstract figures 1, 7	14

	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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	Date of mailing of the international search report
21 June 2013	02/07/2013

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Serbin, Jesper

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/075968

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 99/53268 A1 (WERTH MESSTECHNIK GMBH [DE]; CHRISTOPH RALF [DE]) 21 October 1999 (1999-10-21) cited in the application figure 1 page 5 -----	14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2012/075968

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006061233 A1	23-03-2006	JP 2006119571 A	11-05-2006
		US 2006061233 A1	23-03-2006
US 2006262431 A1	23-11-2006	JP 2006330054 A	07-12-2006
		US 2006262431 A1	23-11-2006
JP 2000028894 A	28-01-2000	NONE	
WO 9953268 A1	21-10-1999	AU 3708699 A	01-11-1999
		CN 1305582 A	25-07-2001
		DE 19816270 A1	21-10-1999
		EP 1071922 A1	31-01-2001
		ES 2235478 T3	01-07-2005
		JP 2002511573 A	16-04-2002
		US 6822749 B1	23-11-2004
		WO 9953268 A1	21-10-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2012/075968

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01B11/00 G02B15/14 B41J19/20
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01B G02B B41J

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2006/061233 A1 (ITO YOSHIHIRO [JP] ET AL) 23. März 2006 (2006-03-23)	1-13
Y	Abbildung 3 Absätze [0014], [0044], [0051]	14

X	US 2006/262431 A1 (OHSATO MASAYOSHI [JP]) 23. November 2006 (2006-11-23)	1-13
Y	Abbildung 5 Absatz [0076]	14

X	JP 2000 028894 A (MINOLTA CO LTD) 28. Januar 2000 (2000-01-28)	1-13
Y	Zusammenfassung Abbildungen 1, 7	14

	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
21. Juni 2013	02/07/2013

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

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2012/075968

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 99/53268 A1 (WERTH MESSTECHNIK GMBH [DE]; CHRISTOPH RALF [DE]) 21. Oktober 1999 (1999-10-21) in der Anmeldung erwähnt Abbildung 1 Seite 5 -----	14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2012/075968

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2006061233 A1	23-03-2006	JP 2006119571 A	11-05-2006
		US 2006061233 A1	23-03-2006
US 2006262431 A1	23-11-2006	JP 2006330054 A	07-12-2006
		US 2006262431 A1	23-11-2006
JP 2000028894 A	28-01-2000	KEINE	
WO 9953268 A1	21-10-1999	AU 3708699 A	01-11-1999
		CN 1305582 A	25-07-2001
		DE 19816270 A1	21-10-1999
		EP 1071922 A1	31-01-2001
		ES 2235478 T3	01-07-2005
		JP 2002511573 A	16-04-2002
		US 6822749 B1	23-11-2004
		WO 9953268 A1	21-10-1999