

(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
27. Juli 2006 (27.07.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/077018 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01B 7/008 (2006.01) **G01B 21/04** (2006.01)
G01B 11/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/000065

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. Januar 2006 (05.01.2006)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2005 003 321.0 18. Januar 2005 (18.01.2005) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **CARL ZEISS INDUSTRIELLE MESSTECH-
NIK GMBH** [DE/DE]; Carl Zeiss Strasse 22, 73447
Oberkochen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GRUPP, Günter**
[DE/DE]; Friedhofstrasse 32, 89558 Böhmenkirch (DE).

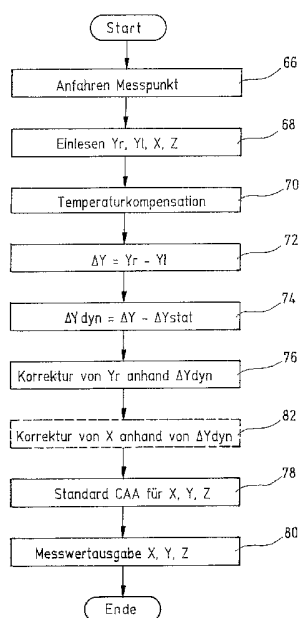
(74) Anwälte: **DUHME, Torsten** usw.; Witte, Weller & Part-
ner, Postfach 10 54 62, 70047 Stuttgart (DE).

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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A SPACE COORDINATE OF A MEASURING POINT ON A TEST OBJECT AND
CORRESPONDING COORDINATE MEASURING DEVICE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINER RAUMKOORDINATE EINES MESSPUNKTES AN EINEM
MESSOBJEKT SOWIE ENTSPRECHENDES KOORDINATENMESSGERÄT



START //
66... PLACE ON MEASURING POINT
68... READ IN YR, YL, X, Z
70... TEMPERATURE COMPENSATION
76... CORRECT YR USING ΔYDYN
82... CORRECT X USING ΔYDYN
78... STANDARD CAA FOR X, Y, Z
80... MEASURED VALUE OUTPUT X, Y, Z
ENDE = END

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining a space coordinate of a measuring point on a test object. According to said method, a probing head is placed (66) on the measuring point, said probing head being disposed on a displacement mechanism having at least two supports. An actual difference between the displacement positions of a first and a second support is determined (72). This actual difference is used to determine the space coordinate of the measuring point. According to an aspect of the invention, a statistical differential value is provided and subtracted from the actual difference, thereby obtaining a dynamic differential value (74). The space coordinate is determined by using the dynamic differential value (76, 82).

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zum Bestimmen einer Raumkoordinate eines Messpunktes wird der Messpunkt mit einem Tastkopf angefahren (66), der an einer Verschiebemechanik mit zumindest zwei Auflage angeordnet ist. Es wird eine Istdifferenz zwischen den Verschiebepositionen eines ersten und eines zweiten Auflagers bestimmt (72). Unter Verwendung dieser Istdifferenz wird die Raumkoordinate des Messpunktes bestimmt. Gemäss einem Aspekt der Erfindung wird dabei ein statischer Differenzwert bereitgestellt und von der Istdifferenz subtrahiert, um einen dynamischen Differenzwert zu erhalten (74), und die Bestimmung der Raumkoordinate erfolgt unter Verwendung des dynamischen Differenzwertes (76, 82).

WO 2006/077018 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Verfahren zum Bestimmen einer Raumkoordinate eines Messpunktes
an einem Messobjekt sowie entsprechendes Koordinatenmessgerät

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen von zumindest einer Raumkoordinate eines Messpunktes an einem Messobjekt, mit den Schritten:

- Anfahren des Messpunktes mit einem Tastkopf, der an einer Verschiebemechanik angeordnet ist, die ein erstes und ein zweites verfahrbares Auflager aufweist,

- Bestimmen einer ersten Verschiebeposition des ersten Auflagers und einer zweiten Verschiebeposition des zweiten Auflagers,
- Bestimmen einer Istdifferenz zwischen der ersten und der zweiten Verschiebeposition, und
- Bestimmen der Raumkoordinate des Messpunktes unter Verwendung der Istdifferenz.

Die Erfindung betrifft ferner ein entsprechendes Koordinatenmessgerät, mit einem Tastkopf zum Anfahren des Messpunktes, wobei der Tastkopf an einer Verschiebemechanik angeordnet ist, die ein erstes und ein zweites verfahrbares Auflager aufweist, mit einer ersten und einer zweiten Messeinrichtung zum Bestimmen einer ersten Verschiebeposition des ersten Auflagers und einer zweiten Verschiebeposition des zweiten Auflagers, mit einer Istdifferenzbildungseinheit zum Bestimmen einer Istdifferenz zwischen der ersten und der zweiten Verschiebeposition, und mit einer Berechnungseinheit zum Bestimmen der Raumkoordinate des Messpunktes unter Verwendung der Istdifferenz.

Ein solches Verfahren und ein solches Koordinatenmessgerät sind beispielsweise aus DE 22 48 194 B2 bekannt.

Ganz allgemein werden die Raumkoordinaten eines Messpunktes mit einem Koordinatenmessgerät bestimmt, indem der Messpunkt mit einem verfahrbaren Tastkopf des Koordinatenmessgerätes angefahren wird. Bei taktilen Koordinatenmessgeräten wird der Messpunkt mit einem Tastelement (in der Regel ein Taststift) ange-

tastet. Die Stellung des Tastkopfes und gegebenenfalls die Auslenkung des Tastelements im Raum ermöglichen dann die Bestimmung der gewünschten Raumkoordinaten des Messpunktes. Vergleichbares gilt für Koordinatenmessgeräte mit optischen oder anderweitig berührungslos messenden Tastköpfen. Wie leicht einzusehen ist, hängt die Messgenauigkeit der Koordinatenmessgerätes stark davon ab, wie genau die jeweilige Position des Tastkopfes beim Anfahren des Messpunktes bestimmt werden kann.

Messfehler können einerseits durch Ungenauigkeiten und/oder Veränderungen der Positionsmesseinrichtungen für den Tastkopf entstehen. Beispielsweise werden als Messeinrichtungen häufig Glasmaßstäbe eingesetzt, die beim Verfahren des Tastkopfes inkremental abgelesen werden, um die jeweilige Verfahrsposition des Tastkopfes im Raum zu bestimmen. Die Glasmaßstäbe können sich in Abhängigkeit von der Temperatur ausdehnen oder zusammenziehen.

Eine weitere Fehlerursache sind fertigungstechnische Toleranzen in den Führungen des Koordinatenmessgerätes, gewissermaßen also "Welligkeiten" oder andere Abweichungen von einer exakt geraden Führungsbahn des Tastkopfes in der vorgesehenen Bewegungsrichtung.

Eine dritte Fehlerursache können elastische Verformungen des Koordinatenmessgerätes in Abhängigkeit davon sein, welche Schwerkraftmomente der Tastkopf in seiner jeweiligen Verfahrsposition auf die Verschiebemechanik ausübt.

Schließlich können Messfehler aus Positionsabweichungen des Tastkopfes entstehen, die sich aufgrund der und/oder bei den

Verfahrensbewegungen ergeben. Hierzu gehören beispielsweise Schwingungen, die durch das Anfahren und Abbremsen des Tastkopfes hervorgerufen werden können. Bei Koordinatenmessgeräten in Portal- oder Gantrybauweise (d.h. Koordinatenmessgeräten mit einer verfahrbaren Brücke auf zwei voneinander beabstandeten, parallel zueinander verfahrbaren Auflagern) können Messfehler beispielsweise durch Bewegungen entlang der Bewegungsachse der Brücke (typischerweise die Y-Achse) auftreten, und zwar bei mangelnder Synchronität der Verfahrensbewegung der beiden Auflagern. Wenn sich beispielsweise das linke Auflager in der Y-Achse um eine Distanz ΔY weiter bewegt als das rechte Auflager, führt dies zu einer Rotation des Tastkopfes um eine orthogonale Achse (typischerweise Z-Achse). Die Folge sind Messfehler sowohl in Y-Richtung als auch in einer zweiten Orthogonalrichtung (typischerweise X-Achse). Es sei in diesem Zusammenhang allerdings betont, dass die Erfindung nicht auf Messfehler in diesen speziellen Achsen beschränkt ist. Die Erfindung kann vielmehr bei allen Koordinatenmessgeräten eingesetzt werden, bei denen eine Verschiebeposition des Tastkopfes entlang von zumindest einer Achse mit zwei voneinander beabstandeten Messeinrichtungen für diese eine Achse bestimmt werden.

Es ist bereits seit langem bekannt, temperaturverursachte Messfehler zu korrigieren, indem man die von den Messeinrichtungen gelieferten Messwerte in Abhängigkeit von der jeweiligen Umgebungstemperatur korrigiert. Die temperaturabhängigen Längenänderungen von Glasmaßstäben können beispielsweise mit Hilfe von Temperatúrausdehnungskoeffizienten korrigiert werden. Des Weiteren ist es bekannt, geometrische Führungsfehler und elastische Verformungen mit Hilfe von Korrekturwerten zu korrigieren, die mit einer Kalibrierungsfahrt des Tastkopfes für verschiede-

ne Tastkopfpositionen aufgenommen und in einem Speicher bereitgestellt werden. Derartige Korrekturverfahren werden in der Fachterminologie häufig als CAA (Computer Aided Accuracy) bezeichnet, und die Anmelderin der vorliegenden Erfindung bietet unter der Bezeichnung LASERCAL ein Programm an, um Kalibrierungsdaten aufzunehmen und Messabweichungen entsprechend zu korrigieren.

Aus DE 102 14 490 A1 ist ein Verfahren bekannt, um vor allem elastische Führungsfehler bei einem Horizontalarm-Koordinatenmessgerät zu korrigieren.

Die bekannten Verfahren sind jedoch nicht in der Lage, Messfehler mit der gewünschten Genauigkeit zu korrigieren, die die Folge von nicht-reproduzierbaren Variationen im Messbetrieb sind. Hierzu gehören u.a. rotatorische Messfehler bei Koordinatenmessgeräten in Portal- oder Gantrybauweise infolge von Schwingungen und/oder infolge mangelnder Synchronität bei Bewegungen entlang der Y-Achse.

Die eingangs genannte DE 22 48 194 B2 schlägt vor, die jeweiligen Verschiebepositionen der Portalfüße eines Koordinatenmessgerätes in Portalbauweise mit zwei voneinander beabstandeten Messeinrichtungen aufzunehmen. Aus den erhaltenen Messwerten wird ein Differenzwert gebildet. Dieser Differenzwert wird anschließend dazu verwendet, um den von einer der Messeinrichtungen gelieferten Messwert zu korrigieren. Dabei wird nicht unterschieden, ob der Differenzwert durch reproduzierbare oder nicht-reproduzierbare Variationen verursacht wurde.

Ein vergleichbares Verfahren ist aus EP 0 309 094 A1 bekannt. Auch in diesem Fall wird keine Unterscheidung zwischen reproduzierbaren (z.B. geometrisch bedingten) und nicht-reproduzierbaren (dynamisch verursachten) Abweichungen und daraus resultierenden Messfehlern gemacht.

Aus DE 29 50 926 A1 ist ein Koordinatenmessgerät bekannt, bei dem für jede Bewegungsachse drei räumlich voneinander beabstandete Messeinrichtungen verwendet werden, um Messfehler zu korrigieren. Auch in diesem Fall wird eine Differenzbildung zur Korrektur herangezogen, ohne dass jedoch zwischen Messfehlern unterschiedlicher Ursache unterschieden wird.

Aus EP 0 537 641 B1 ist es schließlich bekannt, die Messfehler eines Koordinatenmessgerätes in Portalbauweise bei einer Verfahrbewegung entlang der Y-Achse zu korrigieren, indem die Abweichungen der Positionsmesswerte von zwei beabstandeten Messeinrichtungen während einer Zeitspanne vor dem Antasten aufgezeichnet werden und indem aus dem zeitlichen Verlauf der gespeicherten Messwerte ein Korrekturwert für die Position des Tastelements im Antastzeitpunkt bestimmt wird. Damit ist es möglich, dynamische Messfehler infolge von Schwingungen zu korrigieren. Allerdings ist dieses Verfahren auf die Verwendung von schaltenden Tastköpfen beschränkt. Es kann in dieser Form nicht mit messenden Tastköpfen eingesetzt werden.

Wenngleich die zuletzt genannten Verfahren bereits höhere Messgenauigkeiten bei Koordinatenmessgeräten in Portal- oder Gantrybauweise liefern als ohne rechnerische Korrektur, ist die Messgenauigkeit noch nicht optimal.

Es besteht daher der Wunsch und es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit dem die Messgenauigkeit von Koordinatenmessgeräten mit zwei voneinander beabstandeten Messeinrichtungen für eine Achse noch weiter gesteigert werden kann, und zwar vorzugsweise auf eine möglichst einfache und kostengünstige Art und Weise. Es ist ferner eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein entsprechendes Koordinatenmessgerät anzugeben, das eine noch höhere Messgenauigkeit ermöglicht.

Diese Aufgabe wird gemäß einem Aspekt der Erfindung durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei dem ein statischer Differenzwert bereitgestellt wird, der eine statische Differenz zwischen der ersten und zweiten Verschiebeposition repräsentiert, bei dem ferner der statische Differenzwert von der Istdifferenz subtrahiert wird, um einen dynamischen Differenzwert zu erhalten, und bei dem die Raumkoordinate unter Verwendung des dynamischen Differenzwertes bestimmt wird.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe durch ein Koordinatenmessgerät der eingangs genannten Art gelöst, mit einem Speicher zum dauerhaften Abspeichern und Bereitstellen eines statischen Differenzwertes, der eine statische Differenz zwischen der ersten und zweiten Verschiebeposition repräsentiert, und mit einem Subtrahierer zum Subtrahieren des statischen Differenzwertes von der Istdifferenz, um einen dynamischen Differenzwert zu erhalten, wobei der Subtrahierer dazu ausgebildet ist, den dynamischen Differenzwert der Berechnungseinheit zum Bestimmen der Raumkoordinate zuzuführen.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe durch ein Computerprogrammprodukt gelöst, mit Programmcode zum Ausführen eines Verfahrens der zuvor genannten Art, wenn der Programmcode in einen Arbeitsspeicher eines Koordinatenmessgerätes geladen wird.

Die vorliegende Erfindung beruht damit auf der Idee, die an sich bekannte Istdifferenz zwischen den Messwerten der beiden Messeinrichtungen in einen ersten (statischen) Differenzwert und einen zweiten (dynamischen) Differenzwert aufzuspalten. Da der erste, statische Differenzwert in einem Speicher des Koordinatenmessgerätes dauerhaft bereitgestellt wird, repräsentiert er einen Anteil an der Istdifferenz, der für eine Vielzahl von Messungen gleich ist. Er repräsentiert somit reproduzierbare Messfehler. Im Gegensatz dazu repräsentiert der zweite, dynamische Differenzwert einen Anteil an der Istdifferenz, der Schwankungen der tatsächlichen Istdifferenz gegenüber dem statischen Differenzwert(anteil) beschreibt. Mit anderen Worten ist der zweite, dynamische Differenzwert eine Größe, die von einer Messung zur nächsten individuell variiert und nicht identisch reproduzierbar ist.

Die Aufspaltung der jeweils aktuellen Istdifferenz in einen statischen, als reproduzierbar angenommenen Anteil und einen dynamischen, als nicht-reproduzierbar angenommenen Anteil ermöglicht es, die aktuellen Messwerte in Abhängigkeit von den verschiedenen Fehlerursachen gezielt zu korrigieren. Mit anderen Worten stellt die vorliegende Erfindung erstmals ein Verfahren und ein entsprechendes Koordinatenmessgerät bereit, bei denen einzelnen, sich überlagernden Fehlerursachen individuell Rechnung getragen wird und bei denen die Korrektur der Mess-

fehler abgestimmt auf die einzelnen Ursachen durchgeführt wird. Dadurch ist eine genauere Korrektur der verschiedenen Messfehler möglich.

Mit anderen Worten ermöglicht das neue Verfahren genauere Messwerte als die bislang bekannten Ansätze. Insbesondere wird durch die vorliegende Erfindung vermieden, dynamisch bedingte (nicht-reproduzierbare) Messfehler zu stark zu korrigieren, nämlich um den erfindungsgemäß herausgerechneten statischen bzw. reproduzierbaren Anteil. Andererseits ermöglicht es die vorliegende Erfindung, den statischen Differenzwertanteil unter Verwendung von bekannten und etablierten Korrekturwerkzeugen durchzuführen, wie z.B. das oben genannte Programm LASERCAL. Die praktische Realisierung der vorliegenden Erfindung ist daher sehr einfach und kostengünstig und kann vor allem auch bei älteren, bereits in Benutzung befindlichen Koordinatenmessgeräten mit geringem Aufwand nachgerüstet werden.

Die oben genannte Aufgabe ist daher vollständig gelöst.

In einer Ausgestaltung der Erfindung wird die unter Verwendung des dynamischen Differenzwertes bestimmte Raumkoordinate anschließend unter Verwendung des statischen Differenzwertes korrigiert.

In dieser Ausgestaltung erfolgt also zunächst eine Korrektur der erhaltenen Positionswerte anhand des dynamischen Differenzwertes, und erst anschließend wird der bereits einmal korrigierte Positionswert unter Verwendung des statischen Differenzwertes nochmals korrigiert. Alternativ hierzu wäre es grundsätzlich auch denkbar, die verschiedenen Korrekturschritte in

anderer Reihenfolge durchzuführen, oder sogar nur eine der genannten Korrekturen durchzuführen. Mit der vorliegenden Ausgestaltung wird die Raumkoordinate des Messpunktes jedoch exakter bestimmt, und zwar insbesondere dann, wenn die zweite Korrektur mit Hilfe von bekannten und etablierten CAA-Werkzeugen zur Korrektur von statischen Führungsfehlern erfolgt.

In einer weiteren Ausgestaltung werden die Auflager beim Anfahren des Messpunktes weitgehend parallel zueinander in einer ersten Raumrichtung verfahren, und der Tastkopf wird beim Anfahren des Messpunktes außerdem in einer zweiten, die Auflager verbindenden Raumrichtung verfahren, wobei die Raumkoordinate sowohl in der ersten Raumrichtung als auch in der zweiten Raumrichtung unter Verwendung des dynamischen Differenzwertes bestimmt wird.

In dieser Ausgestaltung wird nicht nur die Raumkoordinate in der erfindungsgemäßen Weise korrigiert, die parallel zur Bewegungsrichtung der Portalfüße liegt, sondern es erfolgt auch eine Korrektur der Messwerte in einer zweiten, dazu senkrechten Raumrichtung (üblicherweise die X-Koordinate). Die Messgenauigkeit ist dadurch noch höher.

In einer weiteren Ausgestaltung wird der statische Differenzwert mit Hilfe einer Kalibrierungsfahrt bestimmt, die vorzugsweise entlang der Bewegungsachse des Portals durchgeführt wird, und er wird anschließend in einem Speicher dauerhaft bereitgestellt.

Alternativ hierzu wäre es zumindest grundsätzlich möglich, den statischen Differenzwert anderweitig zu bestimmen, beispiels-

weise aus Parameterdaten des Koordinatenmessgerätes. Die Durchführung einer Kalibrierungsfahrt berücksichtigt jedoch Fertigungstoleranzen besser und führt daher zu einer höheren Genauigkeit, insbesondere wenn eine Standard-CAA für die Messwertkorrektur eingesetzt werden. Besonders bevorzugt ist es außerdem, wenn entlang der Bewegungsachse des Portals eine Vielzahl von statischen Differenzwerten bestimmt und bereitgestellt wird, da die Standard-CAA dann in an sich bekannter Weise ortsabhängig arbeiten und ggf. Interpolationswerte verwenden kann.

In einer weiteren Ausgestaltung wird der statische Differenzwert mit einer Kalibrierungsfahrt ohne Messwertkorrekturen bestimmt.

Mit anderen Worten wird die Kalibrierungsfahrt in dieser Ausgestaltung durchgeführt, nachdem eine vorhandene Messwertkorrektur (Standard-CAA) ausgeschaltet wurde. Der bei der Kalibrierungsfahrt aufgenommene Differenzwert entspricht damit direkt dem statischen Differenzwert im Sinne der vorliegenden Erfindung. Die Aufnahme und Verarbeitung des statischen Differenzwertes ist in dieser Ausgestaltung einfacher und schneller.

In einer weiteren Ausgestaltung erfolgt das Anfahren des Messpunktes mit Hilfe von zumindest zwei Antrieben, wobei ein erster Antrieb das erste Auflager bewegt, und wobei ein zweiter Antrieb das zweite Auflager bewegt, wobei jedoch die Kalibrierungsfahrt mit nur einem der Antriebe durchgeführt wird.

Mit dieser Ausgestaltung wird erreicht, dass die Aufnahme des statischen Differenzwertes weitgehend zwangsfrei erfolgt. Ver-

formungen und daraus resultierende, nicht-reproduzierbare Messfehler lassen sich besser vermeiden. Die erfindungsgemäße Korrektur führt dadurch zu noch genaueren Ergebnissen.

In einer weiteren Ausgestaltung werden die erste und die zweite Verschiebeposition mit Hilfe von temperaturkorrigierten Messeinrichtungen bestimmt.

Mit anderen Worten erfolgt die erfindungsgemäße Bestimmung der Raumkoordinate unter Verwendung des dynamischen Differenzwertes erst, nachdem die von den Messeinrichtungen gelieferten Positionswerte in Bezug auf temperaturabhängige Abweichungen korrigiert wurden. Vorzugsweise werden die Positionswerte jeder Messeinrichtung unter Verwendung der aktuellen Messtemperaturen einzeln bestimmt. Diese Ausgestaltung ermöglicht eine noch höhere Genauigkeit.

In einer weiteren Ausgestaltung erfolgt das Anfahren des Messpunktes mit Hilfe von zumindest zwei Antrieben, wobei ein erster Antrieb das erste Auflager bewegt, wobei ein zweiter Antrieb das zweite Auflager bewegt, und wobei die beiden Antriebe von einem gemeinsamen Regler angesteuert werden, der den dynamischen Differenzwert als Eingangsgröße erhält.

In dieser Ausgestaltung wird der dynamische Differenzwert nicht nur zum Korrigieren der erhaltenen Positionswerte verwendet, sondern er dient außerdem noch dazu, zwei getrennt angetriebene Auflager mit hoher Synchronität zu steuern. Dies hat zur Folge, dass dynamische Messfehler sehr klein gehalten werden und infolge dessen auch die Genauigkeit bei der Bestimmung der Raumkoordinate des Messpunktes erhöht ist. Die Ausgestaltung ist

darüber hinaus von Vorteil, weil durch eine solche Regelung ein Arbeiten der Antriebe gegen die Führungen der Portalfüße vermieden wird. Infolge dessen ist der Verschleiß in dieser Ausgestaltung geringer.

In einer weiteren Ausgestaltung werden der erste und der zweite Antrieb abgeschaltet, wenn der dynamische Differenzwert einen definierten Schwellenwert überschreitet.

Diese Ausgestaltung schützt ein erfindungsgemäßes Koordinatenmessgerät mit separaten Antrieben vor erhöhtem Verschleiß, da ein hoher dynamischer Differenzwert auf einen mangelnden Gleichlauf der Antriebe und eine daraus resultierende Belastung der Führungen hindeutet.

In einer weiteren Ausgestaltung beinhaltet der gemeinsame Regler einen gemeinsamen Lageregler und einen Synchronregler, der dem Lageregler nachgeordnet ist, wobei der dynamische Differenzwert dem Synchronregler als Eingangsgröße zugeführt ist.

In dieser Ausgestaltung ist der gemeinsame Regler zweistufig ausgebildet, wobei nur die zweite Stufe, nämlich der Synchronregler, den dynamischen Differenzwert als Eingangsgröße erhält. Damit kommt dem Synchronregler die Aufgabe zu, die Synchronität der beiden Antriebe zu gewährleisten, während der vorgeschaltete Lageregler die grundlegende Positionierung der Portalfüße steuert. Diese Ausgestaltung ist einfach und mit geringerem Aufwand (kostengünstiger) zu realisieren als ein eigener Lageregler für jeden Antrieb.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung steuert der Synchronregler die beiden Antriebe in Abhängigkeit von dem dynamischen Differenzwert und in Abhängigkeit von einer gemeinsamen Sollvorgabe des Lagereglers an. Mit anderen Worten teilt der Synchronregler die Sollvorgaben des Lagereglers hier auf die beiden Antriebe auf, wobei er den dynamischen Differenzwert berücksichtigt, um die angetriebenen Auflager möglichst synchron in die vorgegebene Position zu bewegen. Der gemeinsame Lageregler regelt die Antriebe dabei gewissermaßen entlang einer fiktiven Mittellinie zwischen den eigentlichen Bewegungsachsen der Antriebe. Diese Ausgestaltung ist besonders einfach und kostengünstig, da trotz des Dual-Drive-Antriebs ein einfacher Lageregler eingesetzt werden kann, der sehr schnell auf die fiktive Mittelachse parametrisiert werden kann.

In einer weiteren Ausgestaltung wird ein Antriebsstrom für den ersten und den zweiten Antrieb auf einen definierten Maximalwert begrenzt, wobei der definierte Maximalwert vorzugsweise etwa gleich dem für eine Beschleunigung der Auflager benötigten Stromwert ist.

Mit dieser Ausgestaltung wird sichergestellt, dass das neue Koordinatenmessgerät selbst bei einem Totalausfall des gemeinsamen Reglers nicht beschädigt wird. Mittelbar wird damit auch die hohe Genauigkeit des neuen Koordinatenmessgerätes sichergestellt.

In einer weiteren Ausgestaltung steuert der gemeinsame Regler den ersten und den zweiten Antrieb so an, dass sich in beiden Antrieben ein Antriebsstrom von in etwa derselben Höhe einstellt.

Besonders vorteilhaft werden die beiden Antriebe beim Ausrichten des neuen Koordinatenmessgerätes in dieser Weise angesteuert. Durch diese Ausgestaltung wird ein Arbeiten der Antriebe gegen die Linearführungen der Auflager auch in den Fällen vermieden, in denen beispielsweise der Nullpunkt einer der Messeinrichtungen aufgrund von Temperatureffekten verschoben ist. Ohne die bevorzugte Ausgestaltung würde der gemeinsame Regler in einem solchen Fall ständig versuchen, den scheinbaren Positionsunterschied der beiden Auflager auszuregeln. Da die Auflager in dem angenommenen Fall tatsächlich jedoch nicht so weit auseinanderliegen, wie aufgrund der Maßstabsverschiebung signalisiert wird, würde der gemeinsame Regler dauerhaft gegen die Führungen der Auflager arbeiten. Der dadurch verursachte Verschleiß und die Deformationen der Führungen wird mit dieser Ausgestaltung vermieden. Besonders vorteilhaft ist diese Ausgestaltung beim Ausrichten des Koordinatenmessgerätes und beim Durchführen der Kalibrierungsfahrten, da eine zwangsfreie Bewegung des Tastkopfes besser reproduzierbare und damit besser korrigierbare Messwerte liefert.

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.

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

- Fig. 1 eine vereinfachte Darstellung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels für das neue Koordinatenmessgerät,
- Fig. 2 eine schematische Darstellung zur Erläuterung von Messfehlern, die bei ungleichem Vorschub der Portalfüße eines Koordinatenmessgerätes der in Fig. 1 gezeigten Art hervorgerufen werden,
- Fig. 3 ein vereinfachtes Flussdiagramm, das die Bereitstellung des statischen Differenzwertes zeigt,
- Fig. 4 ein vereinfachtes Flussdiagramm zur Erläuterung eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 5 ein Funktionsblockschaltbild eines bevorzugten Reglers für ein Koordinatenmessgerät der in Fig. 1 gezeigten Art,
- Fig. 6 ein Funktionsblockschaltbild für einen Synchronregler, der in dem Regler aus Fig. 5 Anwendung finden kann,
- Fig. 7 eine Ergänzung des in Fig. 5 gezeigten Reglers, um auch im Langzeitbetrieb eine hohe Synchronität zu erreichen, und
- Fig. 8 ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel für einen gemeinsamen Regler.

In Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel des neuen Koordinatenmessgerätes in seiner Gesamtheit mit der Bezugsziffer 10 bezeichnet.

Das Koordinatenmessgerät 10 besitzt eine Basis 12, auf der ein Portal 14 in Längsrichtung (Y-Richtung) verschieblich angeordnet ist. Das Portal 14 hat zwei Portalfüße (allgemeiner: Auflager) 16, 18, die an ihren oberen Enden durch eine Brücke 20 verbunden sind. Auf der Brücke 20 sitzt ein Schlitten 22, der entlang der Brücke, also in einer die Portalfüße 16, 18 verbindenden Raumrichtung (X-Richtung), verschieblich ist. An dem Schlitten 22 ist eine Pinole 24 angeordnet, die in einer dritten Raumrichtung (Z-Richtung) senkrecht zur ersten und zweiten Raumrichtung verschieblich ist. Die drei genannten Raumrichtungen X, Y und Z stehen bevorzugt orthogonal zueinander, was für die vorliegende Erfindung jedoch nicht zwingend erforderlich ist.

Am unteren freien Ende der Pinole 24 ist ein Tastkopf 26 angeordnet, an dem ein nicht näher bezeichneter Taststift befestigt ist. Der Taststift dient in bekannter Weise zum Antasten eines Messobjekts. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf taktile Koordinatenmessgeräte beschränkt und kann ebenso bei Koordinatenmessgeräten eingesetzt werden, bei denen ein Messpunkt berührungslos angefahren wird, beispielsweise also ein Koordinatenmessgerät mit optischem Tastkopf. Des weiteren ist die Erfindung nicht auf Koordinatenmessgeräte in der hier gezeigten Portalbauweise beschränkt. Sie kann gleichermaßen (und bevorzugt) bei Koordinatenmessgeräten in Gantry-Bauweise eingesetzt werden, bei denen nur die Brücke 20 mit zwei Auflagern entlang von zwei feststehenden, hochgelegten Schienen verfahr-

bar ist. Darüber hinaus kann die Erfindung generell bei allen Koordinatenmessgeräten eingesetzt werden, bei denen eine Verschiebung des Tastkopfes in zumindest einer Bewegungsrichtung mit Hilfe von zwei voneinander beabstandeten Messeinrichtungen erfasst wird.

Die Portalfüße 16, 18 besitzen in diesem Ausführungsbeispiel jeweils einen eigenen Antrieb 28, 30, der eine Bewegung des Portals in Y-Richtung ermöglicht. Alternativ hierzu kann die Erfindung jedoch auch eingesetzt werden, wenn nur einer der Portalfüße (ein Auflager) angetrieben wird und der zweite Portalfuß antriebslos mitläuft.

An den Längsseiten der Basis 12 sind zwei Maßstäbe 32, 34 schematisch dargestellt, die sich parallel zur Y-Richtung erstrecken. In bevorzugten Ausführungsbeispielen handelt es sich um Glasmaßstäbe, mit denen die Y-Position der Portalfüße 16, 18 getrennt voneinander bestimmt wird. Die Maßstäbe 32, 34 sind somit Bestandteil von zwei Messeinrichtungen für die Y-Position des Tastkopfes 26. Es versteht sich, dass diese Messeinrichtungen außerdem noch geeignete Sensoren zum Ablesen der Maßstäbe 32, 34 beinhalten, die hier jedoch der Einfachheit halber nicht dargestellt sind. Darüber hinaus sei angemerkt, dass die Erfindung nicht auf die Verwendung von Glasmaßstäben beschränkt ist und auch mit anderen Messeinrichtungen zur Erfassung der Y-Position des Tastkopfes verwendet werden kann.

Ein weiterer Maßstab 36 ist parallel zur X-Richtung an der Brücke 20 angeordnet. Schließlich ist noch ein weiterer Maßstab 38 parallel zur Z-Richtung an der Pinole 24 angeordnet. Mit Hilfe der Maßstäbe 36, 38 lässt sich die aktuelle X-Position

und Z-Position des Tastkopfes 26 in an sich bekannter Weise messtechnisch erfassen.

Bezugsziffer 40 bezeichnet ein Messobjekt, an dem die Raumkoordinaten eines Messpunktes 42 bestimmt werden sollen.

Mit der Bezugsziffer 44 ist eine Steuer- und Auswerteeinheit bezeichnet, die dazu ausgebildet ist, die Antriebe des Koordinatenmessgerätes 10 so anzusteuern, dass der Tastkopf 26 zu dem Messpunkt 42 verfahren wird. Für einen manuellen Betrieb kann die Steuereinheit 44 mit einem Bedienpult 46 verbunden sein. Es ist jedoch auch möglich, dass die Steuereinheit 44 Messpunkte 42 des Messobjekts 40 vollautomatisch anfährt und vermisst.

Die Steuereinheit 44 beinhaltet einen Prozessor 48 sowie mehrere Speicher, die hier vereinfacht bei den Bezugsziffern 50 und 52 dargestellt sind. Im Speicher 50 ist ein Computerprogramm abgespeichert, mit dessen Hilfe das nachfolgend erläuterte, Verfahren durchgeführt werden kann. Im Speicher 52 sind statische Differenzwerte dauerhaft abgespeichert, die gemäß einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer Kalibrierungsfahrt ermittelt wurden.

Fig. 2 zeigt eine vereinfachte geometrische Darstellung mit den beiden Maßstäben 32, 34 für die Bestimmung der Y-Position des Tastkopfes 26. Angenommen sei dabei, dass sich der Tastkopf 26 an der mit einem Kreis bezeichneten Position befindet. Diese Position resultiert aus einer Verschiebung des Tastkopfes 26 in X-Richtung um den Betrag X , gemessen vom rechten äußeren Ende des Maßstabes 36, sowie einer Verschiebung des Tastkopfes 26 in Y-Richtung auf die Sollpositionen Y_r . Aufgrund verschiedener

Ursachen, wie beispielsweise einer mangelnden Synchronität der Antriebe 28, 30 oder aufgrund von Schwingungen des Portals 14, liegen die Messpositionen Y_1 und Y_r jedoch um die Istdifferenz ΔY auseinander. Die tatsächliche Ablage des Tastkopfes 26 von dem hier als Referenz herangezogenen Maßstab 32 beträgt dann $\Delta Y'$, und sie ist von der jeweiligen X-Position des Tastkopfes abhängig 26, wie sich aus der Darstellung in Fig. 2 ergibt.

Der Tastkopf 26 erfährt aufgrund der durch die ungleichen Y-Positionen an den beiden Maßstäben 32, 34 hervorgerufenen Rotation auch eine Abweichung in X-Richtung, die hier als ΔX bezeichnet ist.

Der Korrekturwert $\Delta Y'$ für die Y-Position ergibt sich mit den bekannten Strahlengesetzen zu

$$\Delta Y' = \Delta Y \cdot \frac{X \pm L_x}{B} = (X \pm L_x) \cdot \tan \theta,$$

wobei B der Abstand zwischen den beiden Maßstäben 32, 34 ist und wobei L_x die Länge des Tasters (hier nicht dargestellt) in X-Richtung ist.

Der Korrekturwert ΔX ergibt sich ferner zu

$$\Delta X = L_y \cdot \tan \theta,$$

wobei L_y die Länge des Tasters (hier nicht dargestellt) in Y-Richtung ist.

Die in Fig. 2 dargestellten Abweichungen beinhalten einen reproduzierbaren Fehleranteil, vor allem statische und eventuell elastische Führungsfehler, sowie einen nicht-reproduzierbaren Anteil, der bei jeder erneuten Messwertaufnahme variiert. Der reproduzierbare Anteil wird im Folgenden durch den statischen Differenzwert angenähert, der nicht-reproduzierbare Anteil durch den dynamischen Differenzwert.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel, wie ein statischer Differenzwert ΔY_{stat} bestimmt werden kann. Dazu wird gemäß Schritt 58 zunächst die bei Koordinatenmessgeräten üblicherweise vorhandene rechnerische Fehlerkorrektur (CAA) ausgeschaltet. Des Weiteren wird gemäß Schritt 60 der zweite Antrieb für das Portal 14 ausgeschaltet, beispielsweise also der Antrieb 30, oder die Kalibrierungsfahrt wird vor dem Anbau des zweiten Antriebs 30 durchgeführt. Mit anderen Worten wird das Portal 14 zur Aufnahme des statischen Differenzwertes ΔY_{stat} vorteilhafterweise mit nur einem der Antriebe 28, 30 verfahren.

Anschließend erfolgt gemäß Schritt 62 eine Kalibrierungsfahrt entlang der Y-Richtung, wobei an definierten Stützstellen Messwerte zur späteren Korrektur von Führungsfehlern aufgenommen werden. Außerdem wird zumindest ein statischer Differenzwert ΔY_{stat} bestimmt, der für die Kalibrierungsfahrt dem Differenzwert $\Delta Y'$ aus Fig. 2 für eine bestimmte Position des Tastkopfes 26 entspricht. Vorzugsweise werden für eine Vielzahl von Tastkopfpositionen 26 statische Differenzwerte ΔY_{stat} aufgenommen, um die Korrektur der Positionswerte an die jeweilige Tastkopfposition 26 anzupassen.

Schließlich erfolgt im Schritt 64 das Abspeichern aller Korrekturwerte einschließlich des oder der statischen Differenzwerte ΔY_{stat} in dem Speicher 52 des Koordinatenmessgerätes 10.

Fig. 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel, wie die Raumkoordinaten bestimmt werden können. Gemäß Schritt 66 wird der Messpunkt 42 mit dem Tastkopf 26 angefahren. Nach dem Erreichen des Messpunktes 42 werden die Raumkoordinaten des Tastkopfes 26 mit Hilfe der Maßstäbe 32, 34, 36, 38 eingelesen. Damit erhält man Koordinatenwerte Y_r , Y_1 , X und Z . (Der Einfachheit halber sind Auslenkungen des Taststiftes beim Antasten des Messpunktes 42 hier außer Betracht gelassen. Es versteht sich jedoch, dass derartige Auslenkungen in an sich bekannter Weise bei der Bestimmung der Raumkoordinate berücksichtigt werden können, wenn die Messung mit einem entsprechenden Taststift durchgeführt wird.)

Gemäß Schritt 80 erfolgt anschließend eine Temperaturkompensation, d.h. eine Korrektur der aufgenommenen Messwerte Y_r , Y_1 , X und Z anhand der jeweiligen Umgebungstemperaturen und der Temperatureausdehnungskoeffizienten der Maßstäbe 32 bis 38. Bevorzugt erfolgt die Korrektur der Messwerte in Abhängigkeit von der Temperatur jedes einzelnen Maßstabes 32 bis 38.

Im nächsten Schritt 72 wird die Istdifferenz ΔY zwischen den (temperaturkorrigierten) Y -Positionsmesswerten Y_1 , Y_r bestimmt. Gemäß Schritt 74 erfolgt dann die Bestimmung eines dynamischen Differenzwertes ΔY_{dyn} , indem der gespeicherte statische Differenzwert ΔY_{stat} von der Istdifferenz ΔY subtrahiert wird.

Im nächsten Schritt 76 erfolgt die Bestimmung der Y-Position des Tastkopfes 26 unter Verwendung des dynamischen Differenzwertes ΔY_{dyn} , indem der vom Maßstab 32 gelieferte Wert Y_r mit dem dynamischen Differenzwert ΔY_{dyn} korrigiert wird (Addition oder Subtraktion, je nach Richtung der Abweichung).

Anschließend erfolgt gemäß Schritt 78 eine an sich bekannte Standardkorrektur aller erfassten Messwerte X, Y, Z unter Verwendung der in der Kalibrierungsfahrt aufgenommenen Korrekturwerte. Dabei wird als Ausgangspunkt für die Y-Position des Tastkopfes 26 allerdings die schon um den dynamischen Differenzwert korrigierte Y-Position des Tastkopfes 26 verwendet. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel erfolgt die Standardkorrektur mit Hilfe des Programms LASERCAL, das von der Anmelderin der vorliegenden Erfindung für diese Zwecke angeboten wird. Schließlich erfolgt im Schritt 80 die Ausgabe der korrigierten Positionswerte X, Y, Z.

In einer bevorzugten Variante dieses Ausführungsbeispiels wird vor der Durchführung der Standardkorrektur im Schritt 78 auch noch die X-Position des Tastkopfes 26 unter Verwendung des dynamischen Differenzwertes bzw. des daraus abgeleiteten dynamischen Korrekturwertes ΔX bestimmt.

Das vorstehend beschriebene Verfahren zur Bestimmung der Raumkoordinaten des Messpunktes 42 kann grundsätzlich bei Koordinatenmessgeräten mit nur einem Antrieb für das Portal 14 durchgeführt werden, vor allem aber auch bei Koordinatenmessgeräten mit zwei getrennten Antrieben für die Portalfüße 16, 18. Im letztgenannten Fall wird der dynamische Differenzwert vorteilhafterweise auch dazu verwendet, um die beiden Portalfüße 16,

18 möglichst synchron anzutreiben. Alternativ hierzu kann eine solche Steuerung der Antriebe auch ohne die zuvor beschriebene Messwertkorrektur erfolgen.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel erfolgt die Lageregelung mit einem zweistufigen, gemeinsamen Regler 90, wie er in Fig. 5 schematisch dargestellt ist. Der gemeinsame Regler 90 beinhaltet einen Lageregler 92, dem ein Synchronregler 94 nachgeschaltet ist. Der Lageregler 92 ist ein Standard-Lageregler für eine Bewegungsachse, wie er auch bei einem Koordinatenmessgerät mit nur einem Antrieb für die Y-Richtung verwendet werden kann. Er regelt die Lage des Portals 14 hier jedoch nicht entlang der Bewegungsachse des einen Antriebes, sondern entlang einer fiktiven Antriebsachse, die in der Mitte zwischen den beiden Bewegungsachsen der Antriebe 28, 30 liegt. Der jeweilige Positionswert wird daher als Mittelwert der Positionen s_1 und s_2 an den beiden Achsen vorgegeben. Der Positionssollwert $s_{(soll)}$ kommt in an sich bekannter Weise von der Steuereinheit 44 des Koordinatenmessgerätes 10.

Der Lageregler 92 erzeugt in Abhängigkeit von der Differenz zwischen der Sollposition $s_{(soll)}$ und der (gemittelten) Ist-Position $s_{(ist)}$ einen Vorgabewert für die Geschwindigkeit der beiden Antriebe 28, 30. Der Vorgabewert $v_{(soll)}$ ist dem Synchronregler 94 zugeführt. Außerdem erhält der Synchronregler 94 den dynamischen Differenzwert ΔY_{dyn} . Aus diesen beiden Größen erzeugt der Synchronregler 94 zwei Geschwindigkeits-Vorgabesignale $v1_{(soll)}$ und $v2_{(soll)}$, die über jeweils einen Digital-Analog-Wandler 96 den beiden Antrieben 28, 30 zugeführt sind. Die Antriebe 28, 30 erhalten damit eine Sollvorgabe für die Drehzahl und stellen eine entsprechende Drehzahl ein. Diese

führt in bekannter Weise zu einer Positionsverschiebung der Portalfüße 16, 18, welche anschließend über die Maßstäbe 32, 34 erfasst wird. Aus den erhaltenen Messwerten wird zum einen der dynamische Differenzwert ΔY_{dyn} berechnet und gegebenenfalls zur Korrektur der erhaltenen Messwerte verwendet (vgl. Fig. 4 oben). Außerdem wird ein mittlerer Ist-Positionswert bestimmt und als fiktiver Ist-Positionswert dem Standard-Lageregler 92 zugeführt.

Fig. 6 zeigt ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel für den Aufbau des Synchronreglers 94. Der Synchronregler 94 erhält den dynamischen Differenzwert ΔY_{dyn} als Eingangsgröße. Er führt den dynamischen Differenzwert ΔY_{dyn} in einem ersten Zweig über ein Proportionalglied 100 einem Summationspunkt 102 zu. In einem zweiten Zweig differenziert der Synchronregler 94 den erhaltenen dynamischen Differenzwert ΔY_{dyn} mit Hilfe eines Differenziergliedes 104, und er führt den differenzierten Ausgangswert ebenfalls dem Summationspunkt 102 zu. In einem dritten Zweig wird der differenzierte Wert ein zweites Mal differenziert (Differenzierglied 106) und dem Summationspunkt 102 zugeführt. Am Summationspunkt 102 erhält man damit einen Stellwert, der sowohl einen Proportionalanteil als auch einen einfach und zweifach nach der Zeit differenzierten Differentialanteil aufweist. Die Anteile können über Faktoren P, DT1 und DDT1 gewichtet werden. Außerdem können die Ausgangswerte der Differenzierglieder 104, 106 noch über ein Glättungsglied geglättet werden. Eine Erhöhung des P-Faktors führt zu kleineren dynamischen Differenzwerten, jedoch zu einer zunehmenden Schwingneigung. Mit Hilfe der Faktoren DT1 und DDT1 kann die Schwingneigung des Synchronreglers reduziert werden.

Die sich am Summationspunkt 102 ergebende Stellgröße wird den Geschwindigkeits-Sollvorgaben des Standard-Lagereglers 92 in einem ersten Zweig 108 additiv überlagert. In einem zweiten Zweig 110 wird die Stellgröße vom Summationspunkt 102 dem Geschwindigkeits-Vorgabewert des Standard-Lagereglers 92 subtraktiv überlagert. Die so erhaltenen Stellgrößen werden jeweils einer Endstufe 112, 114 zugeführt, welche die Geschwindigkeits-Vorgabewerte für die beiden Antriebe 28, 30 erzeugen. Um unterschiedliche Verstärkungsfaktoren der Endstufen 112, 114 zu kompensieren, ist in einem Ausführungsbeispiel ein automatischer Abgleich 116 vorgesehen. Hierbei integriert der Regler eine bei höherer Konstantgeschwindigkeitsfahrt auftretende dynamische Differenz auf die Verstärkungsfaktoren auf. Damit wird der dynamische Differenzwert im Mittel gleich null.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann der Regler unterschiedliche Verstärkungsfaktoren für positive und negative Fahrt verwalten. Hierdurch lassen sich unterschiedliche Werte abhängig von der Bewegungsrichtung des Portals 14 kompensieren.

Fig. 7 zeigt eine vorteilhafte Ergänzung des gemeinsamen Reglers 90 aus Fig. 5. Die Ergänzung beinhaltet einen weiteren Regelkreis 120, der jedoch nicht an die Stelle des in Fig. 5 gezeigten Regelkreises tritt, sondern diesen ergänzt. Der weitere Regelkreis 120 misst die Antriebsströme $I_{1(ist)}$ und $I_{2(ist)}$ der beiden Antriebe 28, 30 und bildet daraus einen Differenzstrom ΔI . Der Differenzstrom ΔI wird über einen Integrierer 122 aufintegriert, und der erhaltene Wert wird zu dem dynamischen Differenzwert ΔY_{dyn} addiert. Damit erhält man einen korrigierten dynamische Differenzwert ΔY_{dyn2} , der anstelle des nicht-korrigierten dynamischen Differenzwertes ΔY_{dyn} dem Synchronreg-

ler 94 zugeführt ist. Der Synchronregler 94 arbeitet im übrigen genauso, wie anhand Fig. 6 erläutert.

Der Vorteil des gemäß Fig. 7 ergänzten Reglers 90 macht sich bemerkbar, wenn sich im Laufe der Zeit Änderungen an den Messvorrichtungen des Koordinatenmessgerätes 10 einstellen, die zu einem (weiteren) statischen Differenzwertanteil führen. Ohne die Ergänzung gemäß Fig. 7 würde der gemeinsame Regler 90 stetig versuchen, einen solchen weiteren Differenzwertanteil auszugleichen, was jedoch die Führungen des Koordinatenmessgerätes 10 belasten würde. Indem man den korrigierten dynamischen Differenzwert ΔY_{dyn2} verwendet, lässt sich dieses unerwünschte Ergebnis vermeiden. Der Integrierer 122 sorgt dafür, dass sich in beiden Antrieben ein Antriebsstrom von in etwa gleicher Höhe einstellt. Mit anderen Worten führt der Regelkreis 120 dazu, dass der Differenzstrom ΔI im Mittel Null wird.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der korrigierte dynamische Differenzwert ΔY_{dyn2} im Verfahrensschritt 74 gemäß Fig. 4 auch zur Korrektur der aufgenommenen Positionswerte verwendet wird. Hierdurch wird eine noch höhere Genauigkeit bei der Bestimmung der Raumkoordinate erreicht.

Besonders vorteilhaft ist es ferner, wenn der Integrierer 122 eine einstellbare Verstärkung K_I besitzt, so dass die Geschwindigkeit des Regelkreises 120 variiert werden kann. Mit einer hohen Integrationsverstärkung K_I lässt sich das Koordinatenmessgerät 10 beim Ausrichten automatisch auf einen zwangsfreien Bewegungsablauf einrichten, indem man das Portal 14 direkt nach der Kalibrierungsfahrt auf kurzen Wegen einige Male vor- und zurückfährt. Der korrigierte dynamische Differenzwert ΔY_{dyn2}

passt sich dabei automatisch auf einen Wert an, der eine zwangsfreie Bewegung der beiden Portalfüße 16, 18 ermöglicht. Für den eigentlichen Messbetrieb wird die Integrationsverstärkung K_I reduziert oder sogar ausgeschaltet, so dass im wesentlichen oder nur der aufintegrierte Differenzstrom zur Korrektur des dynamischen Differenzwertes verwendet wird. Hierdurch erfolgt eine langsame Adaption an entsprechende Veränderungen des Koordinatenmessgerätes 10.

Fig. 8 zeigt ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel für einen gemeinsamen Regler 130. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen dabei dieselben Elemente wie zuvor.

Der Regler 130 beinhaltet ebenfalls einen Standard-Lageregler 92, der einen Positionssollwert $s_{(soll)}$ von der Steuereinheit 44 des Koordinatenmessgerätes 10 erhält. Er erhält ferner einen Positionswert $s_{(ist)}$ als Mittelwert der Position s_1 und s_2 der beiden Portalfüße 16 und 18. Hieraus erzeugt der Standard-Lageregler 92 einen Vorgabewert $v_{(soll)}$, der nun jedoch einem Drehzahlregler 132 zugeführt ist. Der Vorgabewert $v_{(soll)}$ gibt eine Sollgeschwindigkeit der beiden Antriebe 28, 30 vor, die der Standard-Lageregler aus der Positionsvorgabe berechnet. Der Drehzahlregler 132 erhält den Geschwindigkeitssollwert jedoch nicht direkt, sondern reduziert um die mittlere Ist-Geschwindigkeit $v_{(ist)}$, die sich als Mittelwert der Geschwindigkeiten v_1 und v_2 der beiden Antriebe 28, 30 ergibt. Der Drehzahlregler 132 erzeugt hieraus einen Drehmomentsollwert $M_{(soll)}$, der zwei getrennten Stromreglern 134, 136 zugeführt ist. Die Stromregler 134, 136 bilden hieraus die Antriebsströme für die beiden Antriebe 28, 30. Aufgrund dieser Anordnung ergibt sich für beide Antriebe 28, 30 stets die gleiche Vorschubkraft.

Zwangskräfte können in diesem Fall prinzipiell nicht auftreten, wenn die beiden Portalfüße 16, 18 hinreichend starr miteinander gekoppelt sind.

Der gemeinsame Drehzahlregler 132 kann entweder digital oder analog aufgebaut sein. Im Falle eines digitalen Drehzahlreglers wird die mittlere Ist-Geschwindigkeit aus den differenzierten Positionssignalen s1 und s2 der Antriebe 28, 30 gewonnen. Im Falle eines analogen Drehzahlreglers werden die jeweiligen Tachosignale analog gemittelt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen von zumindest einer Raumkoordinate eines Messpunktes (42) an einem Messobjekt (40), mit den Schritten:

- Anfahren (66) des Messpunktes (42) mit einem Tastkopf (26), der an einer Verschiebemechanik (14) angeordnet ist, die ein erstes und ein zweites verfahrbares Auflager (16, 18) aufweist,
- Bestimmen (68) einer ersten Verschiebeposition (Y_1) des ersten Auflagers (16) und einer zweiten Verschiebeposition (Y_r) des zweiten Auflagers (18),
- Bestimmen (72) einer Istdifferenz (ΔY) zwischen der ersten und zweiten Verschiebeposition (Y_1 , Y_r), und
- Bestimmen der Raumkoordinate des Messpunktes (42) unter Verwendung der Istdifferenz (ΔY),

dadurch gekennzeichnet,

- dass ein statischer Differenzwert (ΔY_{stat}) bereitgestellt wird (64), der eine statische Differenz zwischen der ersten und der zweiten Verschiebeposition (Y_1 , Y_r) repräsentiert,

- dass der statische Differenzwert (ΔY_{stat}) von der Isttdifferenz (ΔY) subtrahiert wird (74), um einen dynamischen Differenzwert (ΔY_{dyn}) zu erhalten, und
 - dass die Raumkoordinate unter Verwendung des dynamischen Differenzwertes (ΔY_{dyn}) bestimmt wird (76).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die unter Verwendung des dynamischen Differenzwertes (ΔY_{dyn}) bestimmte Raumkoordinate anschließend unter Verwendung des statischen Differenzwertes (ΔY_{stat}) korrigiert wird (78).
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die AUflager (16, 18) beim Anfahren des Messpunktes (42) weitgehend parallel in einer ersten Raumrichtung (Y) verfahren werden und dass der Tastkopf (26) beim Anfahren des Messpunktes (42) außerdem in einer zweiten, die Auflager (16, 18) verbindenden Raumrichtung (X) verfahren wird, wobei die Raumkoordinate sowohl in der ersten Raumrichtung (Y) als auch in der zweiten Raumrichtung (X) unter Verwendung des dynamischen Differenzwertes (ΔY_{dyn}) bestimmt wird (76, 82).
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der statische Differenzwert (ΔY_{stat}) mit Hilfe einer Kalibrierungsfahrt bestimmt (62) und anschließend in einem Speicher (52) dauerhaft bereitgestellt wird (64).

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der statische Differenzwert (ΔY_{stat}) mit einer Kalibrierungsfahrt ohne Messwertkorrekturen bestimmt wird (58).
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Anfahren des Messpunktes (42) mit Hilfe von zumindest zwei Antrieben (28, 30) erfolgt, wobei ein erster Antrieb (30) das erste Auflager (16) bewegt und wobei ein zweiter Antrieb (28) das zweite Auflager (18) bewegt, wobei die Kalibrierungsfahrt jedoch mit nur einem der Antriebe durchgeführt wird (60).
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und die zweite Verschiebeposition (Y_1 , Y_r) mit Hilfe von temperaturkorrigierten Messeinrichtungen bestimmt werden (70).
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Anfahren des Messpunktes (42) mit Hilfe von zumindest zwei Antrieben (28, 30) erfolgt, wobei ein erster Antrieb (30) das erste Auflager (16) bewegt, wobei ein zweiter Antrieb (28) das zweite Auflager (18) bewegt, und wobei die beiden Antriebe (28, 30) von einem gemeinsamen Regler (90) angesteuert werden, der den dynamischen Differenzwert (ΔY_{dyn}) als Eingangsgröße erhält.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und zweite Antrieb (28, 30) abgeschaltet werden, wenn der dynamische Differenzwert (ΔY_{dyn}) einen definierten Schwellenwert überschreitet.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der gemeinsame Regler (90) einen gemeinsamen Lageregler (92) und einen Synchronregler (94) beinhaltet, der dem Lageregler (92) nachgeordnet ist, wobei der dynamische Differenzwert (ΔY_{dyn}) dem Synchronregler (94) als Eingangsgröße zugeführt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Antriebsstrom für den ersten und den zweiten Antrieb (28, 30) auf einem definierten Maximalwert begrenzt wird, wobei der definierte Maximalwert vorzugsweise etwa gleich dem für eine Beschleunigung der Portalfüße (16, 18) benötigten Stromwert ist.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der gemeinsame Regler (90) den ersten und den zweiten Antrieb (28, 30) so ansteuert, dass sich in beiden Antrieben (28, 30) ein Antriebsstrom von in etwa derselbe Höhe einstellt.
13. Koordinatenmessgerät zum Bestimmen von zumindest einer Raumkoordinate eines Messpunktes (42) an einem Messobjekt (40),
 - mit einem Tastkopf (26) zum Anfahren des Messpunktes (42), wobei der Tastkopf (26) an einer Verschiebemechanik (14) angeordnet ist, die ein erstes (16) und ein zweites (18) verfahrbares Auflager aufweist,
 - mit einer ersten und einer zweiten Messeinrichtung (32, 34) zum Bestimmen einer ersten Verschiebeposi-

tion (Y_1) des ersten Auflagers (16) und einer zweiten Verschiebeposition (Y_r) des zweiten Auflagers (18),

- mit einer Istdifferenzbildungseinheit (48, 72) zum Bestimmen einer Istdifferenz (ΔY) zwischen der ersten und zweiten Verschiebeposition (Y_1 , Y_r), und
- mit einer Berechnungseinheit (48, 76, 78, 82) zum Bestimmen der Raumkoordinate des Messpunktes unter Verwendung der Istdifferenz (ΔY),

gekennzeichnet durch

- einen Speicher (52) zum dauerhaften Abspeichern und Bereitstellen eines statischen Differenzwertes (ΔY_{stat}), der eine statische Differenz zwischen der ersten und zweiten Verschiebeposition (Y_1 , Y_r) repräsentiert, und
- einen Subtrahierer (48, 74) zum Subtrahieren des statischen Differenzwertes (ΔY_{stat}) von der Istdifferenz (ΔY), um einen dynamischen Differenzwert (ΔY_{dyn}) zu erhalten,
- wobei der Subtrahierer (48, 74) dazu ausgebildet ist, den dynamischen Differenzwert (ΔY_{dyn}) der Berechnungseinheit (48, 76, 82) zum Bestimmen der Raumkoordinate zuzuführen.

14. Computerprogrammprodukt mit Programmcode zum Ausführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wenn der Programmcode in einen Arbeitsspeicher (50) eines Koordinatenmessgerätes (10) geladen wird.

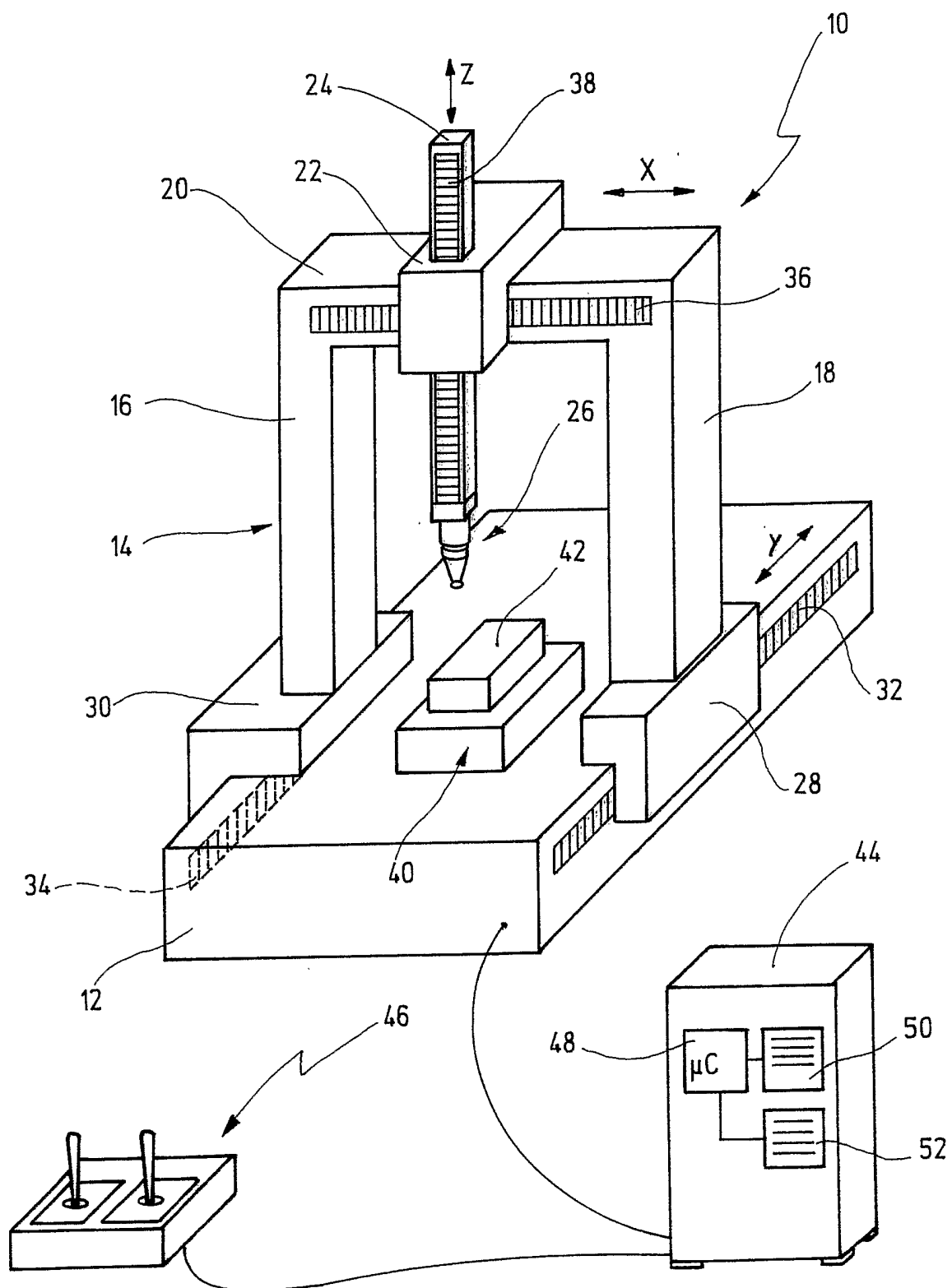


Fig.1

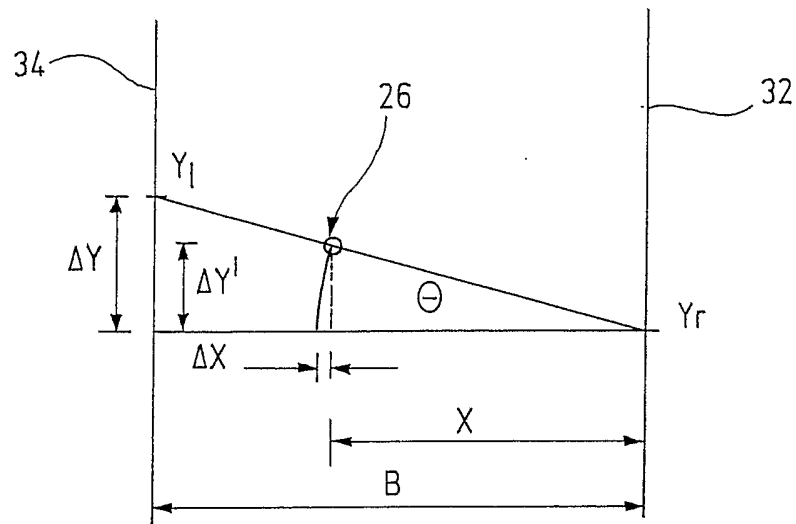


Fig.2

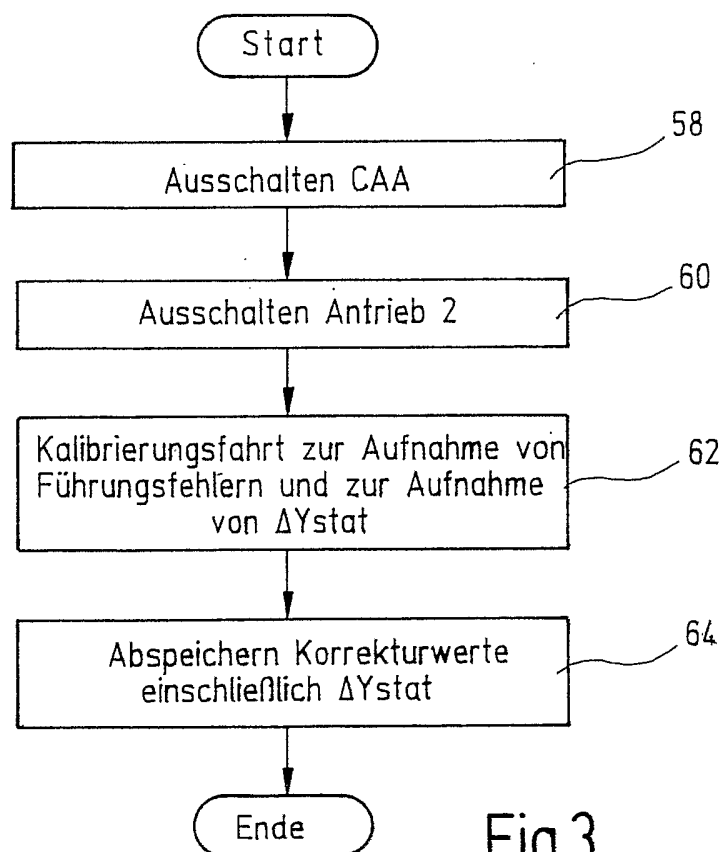


Fig.3

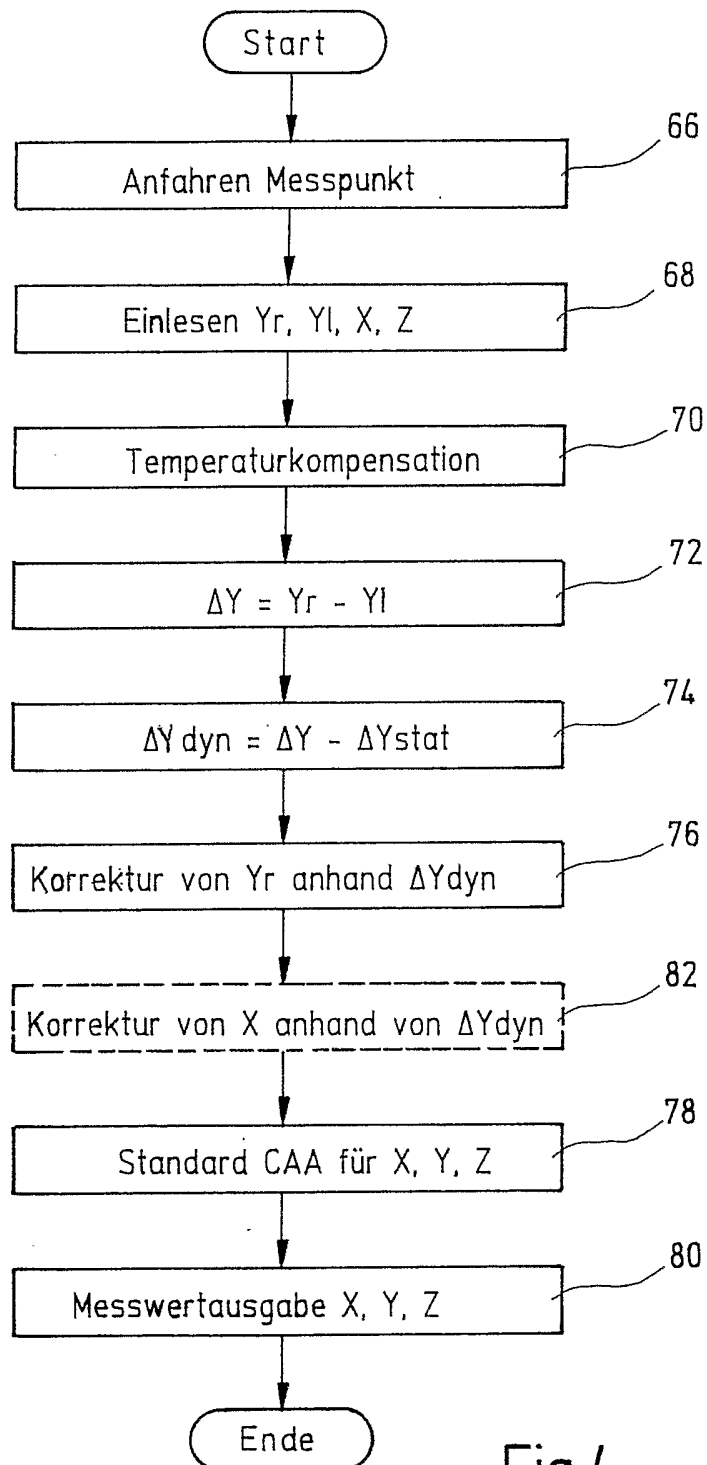


Fig.4

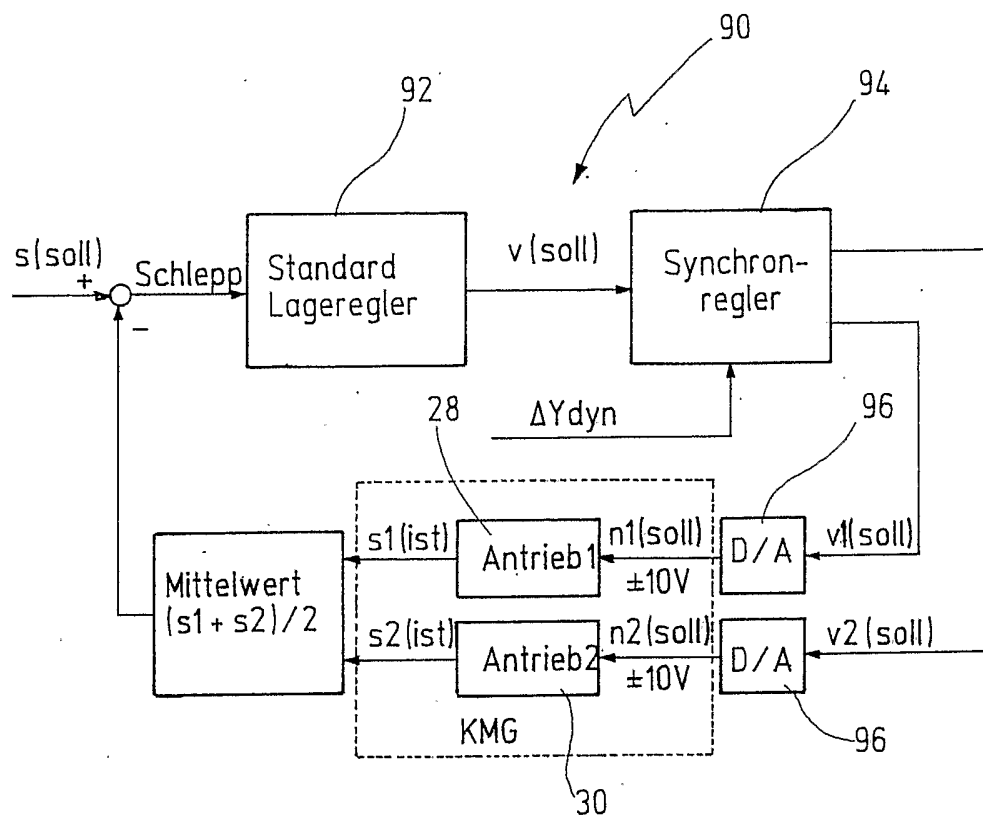


Fig.5

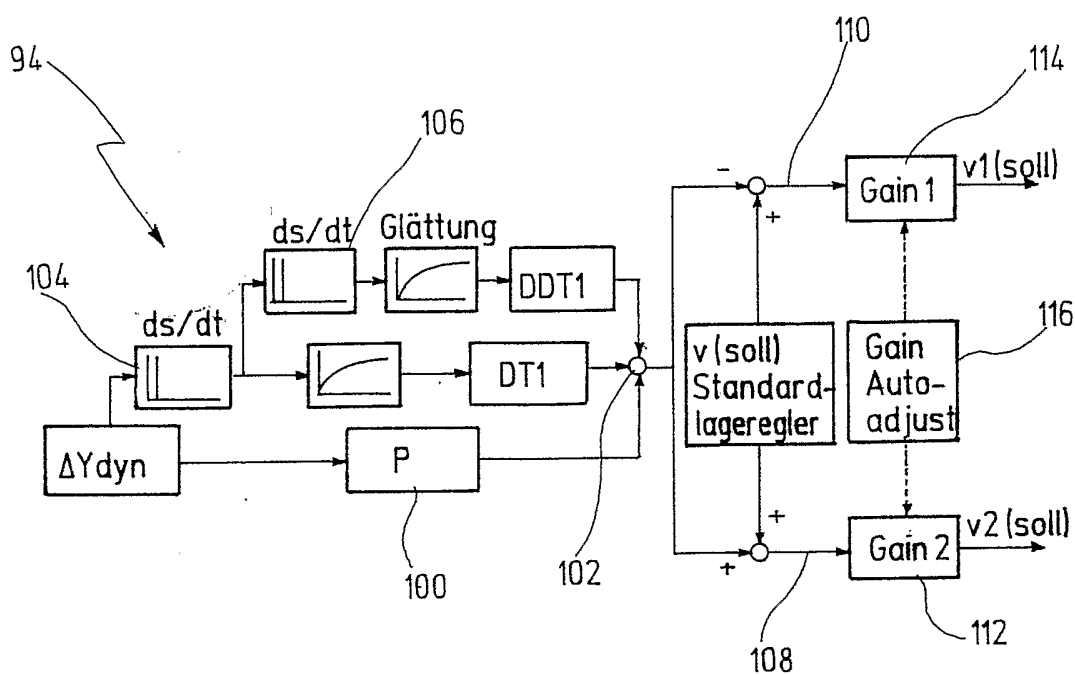


Fig.6

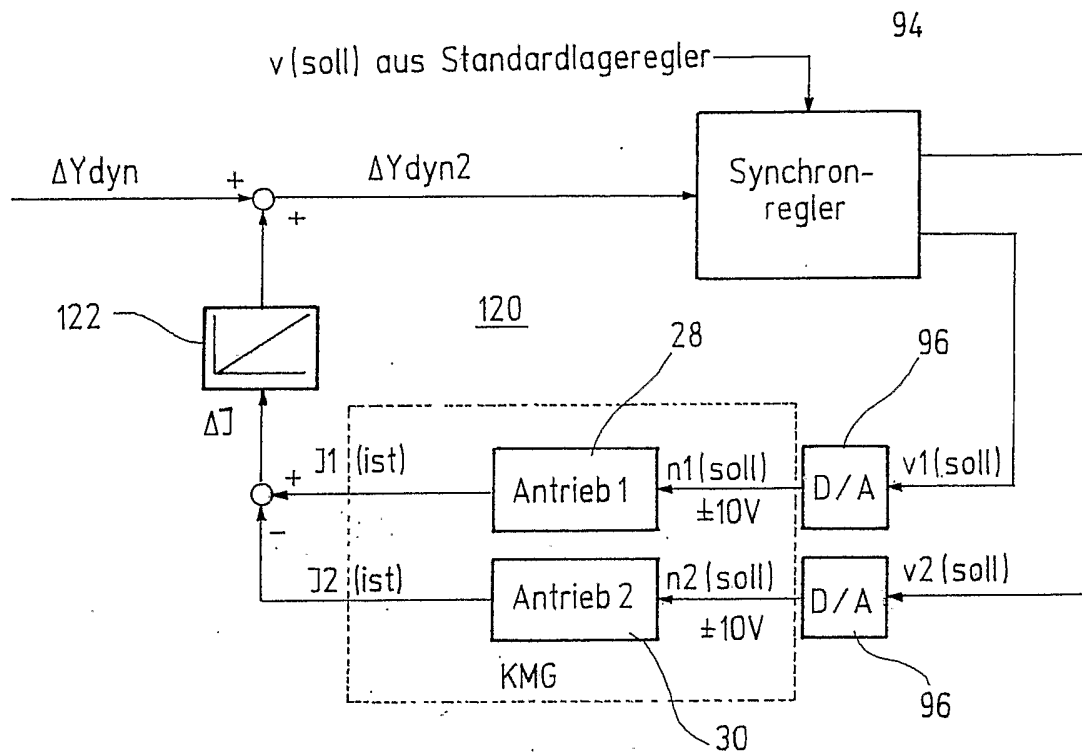


Fig.7

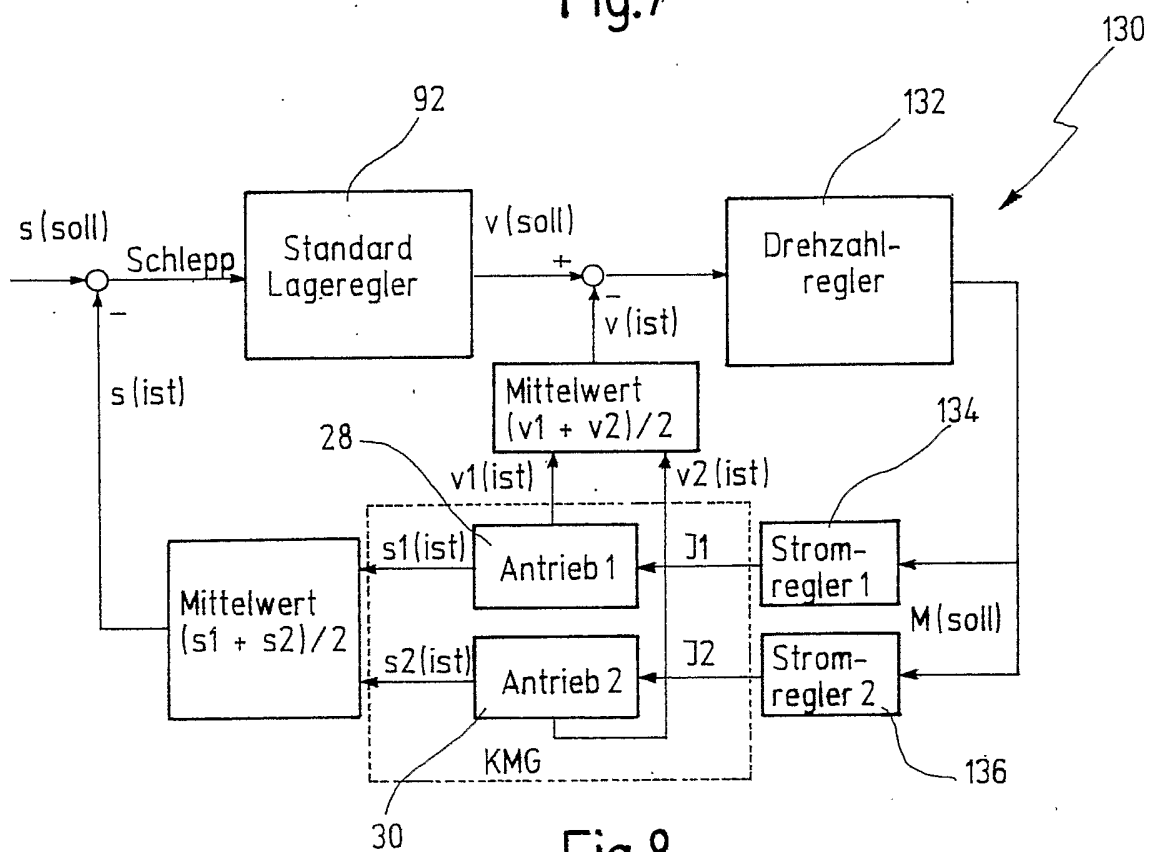


Fig.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/000065

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01B7/008 G01B11/00 G01B21/04

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 practical, 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 5 333 386 A (BREYER ET AL) 2 August 1994 (1994-08-02) abstract; figures 1,2,3a,3b column 2, lines 1-20 column 4, lines 12-29 column 4, lines 45-61 column 5, lines 25-33 column 6, lines 19-31 -----	1-7,13, 14
Y	DE 38 26 783 C1 (KOME G KOORDINATEN-MESSMASCHINEN-GMBH, 6601 RIEGELSBURG, DE) 28 December 1989 (1989-12-28) the whole document ----- -/--	1-7,13, 14

☒ 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 document 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.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 May 2006

Date of mailing of the international search report

22/05/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Popovici, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/000065

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4 587 622 A (HERZOG ET AL) 6 May 1986 (1986-05-06) abstract; figures 5,6a-d,7,8 column 1, lines 20-27 column 2, lines 28-48 column 3, lines 15-31 column 6, lines 26-62 -----	1-7,13, 14
Y	US 4 676 649 A (PHILLIPS ET AL) 30 June 1987 (1987-06-30) abstract; figures 1,2,5,6,9,15,26 column 2, lines 48-52 column 3, lines 36-42 column 4, lines 48-55 column 10, line 60 - column 11, line 4 column 13, lines 47-61 column 20, line 58 - column 21, line 12 -----	1-7,13, 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2006/000065

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5333386	A	02-08-1994	DE 4134371 A1 EP 0537641 A1 JP 3337245 B2 JP 5240635 A	22-04-1993 21-04-1993 21-10-2002 17-09-1993
DE 3826783	C1	28-12-1989	NONE	
US 4587622	A	06-05-1986	DE 3150977 A1 EP 0082441 A2 JP 1645646 C JP 3010042 B JP 58113805 A	30-06-1983 29-06-1983 13-03-1992 12-02-1991 06-07-1983
US 4676649	A	30-06-1987	EP 0230540 A2 JP 62152633 A	05-08-1987 07-07-1987

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/000065

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01B7/008 G01B11/00 G01B21/04

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01B

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 5 333 386 A (BREYER ET AL) 2. August 1994 (1994-08-02) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,3a,3b Spalte 2, Zeilen 1-20 Spalte 4, Zeilen 12-29 Spalte 4, Zeilen 45-61 Spalte 5, Zeilen 25-33 Spalte 6, Zeilen 19-31	1-7, 13, 14
Y	DE 38 26 783 C1 (KOMEK KOORDINATEN-MESSMASCHINEN-GMBH, 6601 RIEGELSBERG, DE) 28. Dezember 1989 (1989-12-28) das ganze Dokument	1-7, 13, 14

☒ 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 älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. Mai 2006

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

22/05/2006

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Popovici, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/000065

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 4 587 622 A (HERZOG ET AL) 6. Mai 1986 (1986-05-06) Zusammenfassung; Abbildungen 5,6a-d,7,8 Spalte 1, Zeilen 20-27 Spalte 2, Zeilen 28-48 Spalte 3, Zeilen 15-31 Spalte 6, Zeilen 26-62	1-7,13, 14
Y	US 4 676 649 A (PHILLIPS ET AL) 30. Juni 1987 (1987-06-30) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,5,6,9,15,26 Spalte 2, Zeilen 48-52 Spalte 3, Zeilen 36-42 Spalte 4, Zeilen 48-55 Spalte 10, Zeile 60 - Spalte 11, Zeile 4 Spalte 13, Zeilen 47-61 Spalte 20, Zeile 58 - Spalte 21, Zeile 12	1-7,13, 14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/000065

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5333386	A	02-08-1994	DE	4134371 A1	22-04-1993
			EP	0537641 A1	21-04-1993
			JP	3337245 B2	21-10-2002
			JP	5240635 A	17-09-1993
DE 3826783	C1	28-12-1989	KEINE		
US 4587622	A	06-05-1986	DE	3150977 A1	30-06-1983
			EP	0082441 A2	29-06-1983
			JP	1645646 C	13-03-1992
			JP	3010042 B	12-02-1991
			JP	58113805 A	06-07-1983
US 4676649	A	30-06-1987	EP	0230540 A2	05-08-1987
			JP	62152633 A	07-07-1987