



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 294 558 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1

Patentgesetz der DDR

vom 27.10.1983

in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) G 01 B 21/02

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) DD G 01 B / 340 792 2

(22) 18.05.90

(44) 02.10.91

(71) siehe (73)

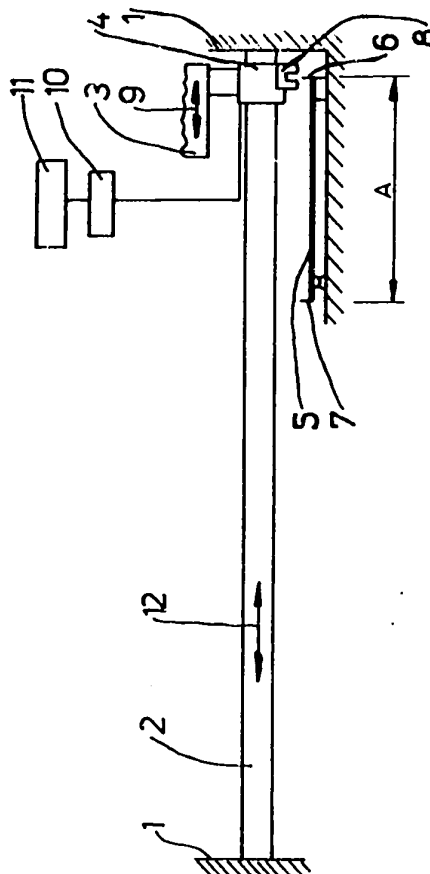
(72) Freitag, Hans-Joachim, Dr.-Ing.; Schuchardt, Gerd, Dr.-Ing., DE

(73) Carl Zeiss JENA GmbH, Carl-Zeiss-Straße 1, O - 6900 Jena, DE

(54) Verfahren und Anordnung zum Kalibrieren eines digitalen Längenmeßsystems

(55) Kalibrieren, digital; Längenmeßsystem; Maschine;
bandförmiger Teilungsträger; Abtasteinrichtung;
Auswerteinrichtung; Längenetalon; Anfangsmarke;
Endmarke

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum Kalibrieren eines digitalen Längenmeßsystems an einer Maschine. Die Erfindung besteht darin, daß bei einem Verfahren bzw. bei der Anordnung, ein an einem ersten Maschinenelement unter veränderbarer Vorspannkraft angebrachter bandförmiger elastischer Teilungsträger mit einer an einem zweiten Maschinenelement angebrachten Abtasteinrichtung zur Meßsignalgewinnung abgetastet wird, wobei die Meßsignale in einer Auswerteinrichtung verarbeitet werden, daß mit einer Markenabtasteinrichtung ein Längenetalon mit einem vorbestimmten Abstand zwischen mindestens einer Anfangsmarke und mindestens einer Endmarke abgetastet wird, wobei aus den beim Abtasten des Längenetalons und des Teilungsträgers in der Markenabtasteinrichtung und der Abtasteinrichtung entstehenden Signalen, in der Auswerteinrichtung ein Meßwert für die Etalonlänge ermittelt wird, der mit dem vorbestimmten Abstand verglichen wird. Figur



Patentansprüche:

1. Verfahren zum Kalibrieren eines digitalen Längenmeßsystems an einer Maschine, bei dem ein an einem ersten Maschinenelement unter veränderbarer Vorspannkraft angebrachter bandförmiger elastischer Teilungsträger mit einer an einem zweiten Maschinenelement angebrachten Abtasteinrichtung zur Meßsignalgewinnung abgetastet wird, wobei die Meßsignale in einer Auswerteeinrichtung verarbeitet werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit einer Markenabtasteinrichtung (B) ein Längenetalon (5) mit einem vorbestimmten Abstand (A) zwischen mindestens einer Anfangsmarke (6) und mindestens einer Endmarke (7) abgetastet wird, wobei aus den beim Abtasten des Längenetalons (5) und des Teilungsträgers (2) in der Markenabtasteinrichtung (8) und der Abtasteinrichtung (4) entstehenden Signalen, in der Auswerteeinrichtung (10) ein Meßwert für die Etalonlänge ermittelt wird, der mit dem vorbestimmten Abstand (A) verglichen wird, und daß die metrologische Zuordnung erfolgt, indem die Einspannkraft für den Teilungsträger in Teilungsrichtung und damit dessen Spannungszustand solange verändert wird, bis die angezeigte scheinbare Etalonlänge mit der vorbestimmten Etalonlänge übereinstimmt oder die vorhandene Differenz zwischen scheinbarer Etalonlänge und vorbestimmter Etalonlänge als Zusatz-Korrektur-Wert der Korrektureinrichtung zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß aus der Differenz zwischen Meßwert für die Etalonlänge und vorbestimmten Abstand (A) ein Korrekturwert in der Auswerteeinrichtung (10) gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Längsdehnung des Teilungsträgers (2) durch Einstellung seiner Vorspannkraft solange verändert wird, und der Meßwert für die Etalonlänge für jede eingestellte Vorspannkraft erneut ermittelt wird, bis der Meßwert für die Etalonlänge mit dem vorbestimmten Abstand (A) übereinstimmt.
4. Verfahren nach Anspruch 1 und 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der vorbestimmte Abstand (A) aus den beim Abtasten des Längenetalons (5) und des Teilungsträgers (2) in einer Markenabtasteinrichtung und einer Abtasteinrichtung, gleicher Bauart wie die des Längenmeßsystems, entstehenden Signalen in einer dazugehörigen Auswerteeinrichtung ermittelt wird.
5. Anordnung zum Kalibrieren eines digitalen Längenmeßsystems an einer Maschine, bei der an einem ersten Maschinenelement ein bandförmiger elastischer Teilungsträger unter Vorspannkraft angebracht ist, bei der an einem zweiten Maschinenelement, welches zum ersten Maschinenelement relativ beweglich ist, eine Abtasteinrichtung für die auf dem Teilungsträger aufgebrachte Teilung angebracht ist, wobei der Meßsignalausgang der Abtasteinrichtung mit einer Auswerteeinrichtung verbunden ist, und die Ausgänge der Auswerteeinrichtung mit einer Anzeigeeinrichtung in Verbindung stehen, und bei der weiterhin eine Einrichtung zur Längsdehnung des Teilungsträgers am ersten Maschinenelement vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Längenetalon (5) mit einem konstanten Abstand (A) zwischen mindestens einer Anfangsmarke (6) und mindestens einer Endmarke (7) in Teilungsrichtung (12) vorgesehen ist, daß eine Markenabtasteinrichtung (8) für die Anfangsmarken (6) und Endmarken (7) vorgesehen ist, welche mit der Auswerteeinrichtung (10) in Verbindung steht, und daß die Markenabtasteinrichtung (8) und das Längenetalon (5) jeweils einem der beiden Maschinenelemente (1, 3) zugeordnet sind.
6. Anordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Längenetalon (5) dem ersten Maschinenelement (1) zugeordnet ist, und daß das Trägermaterial für das Längenetalon (5) und das Material des ersten Maschinenelementes (1) im wesentlichen den gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten in Teilungsrichtung (12) aufweisen.
7. Anordnung nach Anspruch 5 oder Anspruch 5 und 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Markenabtasteinrichtung (8) mindestens ein fotoelektrischer Empfänger für den von den Anfangsmarken (6) und Endmarken (7) ausgehenden Lichtstrom vorgesehen ist.
8. Anordnung nach Anspruch 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Längenetalon (5) innerhalb des Meßbereiches des Längenmeßsystems in Teilungsrichtung (12) positionierbar ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung ist anwendbar bei translatorischen Meßsystemen, bei denen der metrologische Anschluß im eingebauten Zustand reproduziert oder überprüft werden soll.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Zur Reproduktion bzw. zur Übertragung des metrologischen Maßanschlusses von materiellen Maßverkörperungen auf Teilungsträgern sind verschiedene Methoden bekannt.

Eine Gruppe von Verfahren nutzt stabile Teilungsträger, die eine hohe Maßstabilität vom technisch-technologischen Herstellungsprozeß bis zum Einsatz an Meßmaschinen oder anderen Einsatzfällen weitgehend beibehalten, z. B.

Maßverkörperungen, wie sie in Feingerätetechnik 30 Jg./Heft 5/1981, Seite 195 beschrieben sind. Diese Methode ist jedoch sehr kosten- und materialaufwendig und auch nur für kurze Meßlängen geeignet.

Eine andere Gruppe von Verfahren verwendet weniger steife Teilungsträger, aber es werden relativ hohe technische Aufwendungen betrieben, um Zwangskräfte auf den Teilungsträger zu minimieren

(DD 121832/A1, DD 222106/A1 oder DD 249615/A1).

Diese Art von Meßsystemen hat neben dem hohen technischen Aufwand für die Zwangskräfte minimierung den Nachteil, daß die dünnen aber noch eigenstabilen Teilungsträger in der Länge begrenzt sind.

Es sind weiterhin Meßsysteme bekannt – vor allem für größere Längen – bei denen ein Teilungsträger aus elastischem Material so gestreckt wird, daß die auf dem Teilungsträger aufgebrachte Teilung wieder metrologisch reproduziert wird. Derartige Verfahren sind in DE 2011594/A1, DE 2518745/A1, DE 3319600/A1 und in DE 3402613/A1 beschrieben.

Der Nachteil dieser Lösungen ist, daß zum Reproduzieren des metrologischen Maßanschlusses ein externes Meßsystem als Vergleichsmeßsystem erforderlich ist. In der Regel werden hierfür teure Laserwegmeßsysteme eingesetzt. Das Reproduzieren des Maßanschlusses ist hier mit einem hohen apparativen und meßtechnischen Aufwand verbunden. Dieser Aufwand ist nicht nur beim Meßsystemeinbau in die Werkzeugmaschine oder Meßmaschine erforderlich, sondern auch nach Reparaturarbeiten am Meßsystem oder für Meßsystemüberprüfungen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen und den Gebrauchswert von Bandmeßsystemen durch ein meßsysteminternes Etalon zu erhöhen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Anordnung zur Kalibrierung eines Längenmeßsystems an einer Maschine anzugeben, welche mit einfachen Mitteln einen metrologischen Maßanschluß ermöglichen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren und einer Anordnung mit einem Längenmeßsystem gelöst, bei dem an einem ersten Maschinenelement ein bandförmiger elastischer Teilungsträger für eine translatorische Teilung unter Vorspannkraft angebracht ist und an einem zweiten Maschinenelement, welches zum ersten Maschinenelement relativ beweglich ist, eine Abtasteinrichtung für die Teilung angebracht ist und deren erzeugte Primärsignale in einer Auswerteeinrichtung verarbeitet werden. In der Auswerteeinrichtung können auch Korrekturwerte für eine Korrektur der Teilungsfehler der translatorischen Teilung enthalten sein. Die in dieser Auswerteeinrichtung erzeugten Sekundärsignale stehen mit einer Anzeigeeinrichtung in Verbindung und der metrologische Anschluß der Anzeige dieser Anordnung hängt vom Spannungszustand und damit von den Einspannkräften des Teilungsträgers in Teilungsrichtung ab.

Erfindungsgemäß enthält die Anordnung ein Längenetalon mit mindestens einer Anfangsmarke und mindestens einer Endmarke, wobei dieses Etalon einen Abstand zwischen Anfangs- und Endmarke in Teilungsrichtung konstant hält und sich in Teilungsrichtung erstreckt, und daß eine Markenabtasteinrichtung für die Anfangs- und Endmarken des Längenetalons enthalten ist, welche mit der Auswerteeinrichtung in Verbindung steht, und daß diese Markenabtasteinrichtung einerseits und das Etalon mit den Marken andererseits jeweils einem der beiden genannten Maschinenelemente zugeordnet sind.

Vorteilhafter Weise sollte das Etalon zwecks Kompensation thermisch bedingter Längenänderungen aus einem Material bestehen, welches einen gleichen bzw. ähnlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat wie das Maschinenelement, mit dem der elastische Teilungsträger verbunden ist.

Die Anfangs- und Endmarken und/oder zugehörige Markenabtasteinrichtung können durch optoelektronische Mittel, wie z. B. Optokoppler oder durch Näherungsinitiatoren realisiert sein.

Entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren, bei dem die metrologische Zuordnung der Sekundärsignale zur Längeneinheit vom Spannungszustand des elastischen Teilungsträgers abhängig ist, kann je nach Bedarf, wie z. B. nach der Montage an einer Maschine, bei Veränderungen des Spannungszustandes des Teilungsträgers oder für eine Meßsystemüberprüfung, die vorher ermittelte Etalonlänge, welche durch den Abstand von Anfangs- und Endmarke gekennzeichnet ist, neu gemessen werden, indem mit der Markenabtasteinrichtung in Teilungsrichtung zunächst die Anfangs- und danach die Endmarke überfahren und dabei anhand dieser Anfangs- und Endmarkensignale einerseits und der durch diese Relativbewegung entstehenden zwischen Anfangs- und Endmarkensignalen liegenden Sekundärsignale andererseits die scheinbare Etalonlänge in Einheiten dieser Sekundärsignale ausgewiesen wird. Die metrologische Zuordnung kann auf zwei Mengen erreicht werden. Entweder wird die Einspannkraft für den Teilungsträger in Teilungsrichtung solange verändert, bis die angezeigte scheinbare Etalonlänge mit der vorher ermittelten Etalonlänge übereinstimmt oder es wird die vorhandene Differenz zwischen der scheinbaren Etalonlänge und der vorher ermittelten Etalonlänge als Zusatz-Korrekturwert der Korrektureinrichtung zugeführt.

Beim ersten Weg ist die scheinbare Etalonlänge auf iterativem Wege mit der vorher ermittelten Etalonlänge durch Wiederholungen des Einstellvorgangs in Übereinstimmung zu bringen. Beim zweiten Weg ist durch geeignete Maßnahmen zu sichern, daß der Spannungszustand des elastischen Teilungsträgers in etwa dem Spannungszustand für die vorher ermittelte Etalonlänge entspricht. Das ist z.B. durch die Messung der Einspannkraft möglich.

Unter dieser Voraussetzung wird die scheinbare Etalonlänge nur einmal bestimmt und die Differenz zur vorher ermittelten Etalonlänge dient als Zusatz-Korrekturfaktor, falls die Differenz festgelegte Höchstwerte nicht übersteigt. Dieser Zusatz-Korrekturfaktor muß der Korrektur einrichtung nach jeder Inbetriebnahme zur Verfügung stehen, z. B. über Codeschalter. Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch realisiert werden, indem die vorher zu ermittelnde Etalonlänge gegenüber einem metrologisch angeschlossenen Vergleichsnormale ermittelt wird.

Ist nur die Reproduktion des Spannungszustandes des elastischen Teilungsträgers zu einem späteren Zeitpunkt zu sichern, so kann die vorher zu ermittelnde Etalonlänge auch als scheinbare Etalonlänge in Einheiten der Sekundärsignale ermittelt werden. Hier ist dann jedoch nicht der absolute metrologische Anschluß gegeben.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In Fig. 1 ist eine Anordnung zur Reproduktion des metrologischen Maßanschlusses für ein translatorisches Meßsystem schematisch dargestellt.

An einem ersten Maschinenelement 1, z. B. Maschinenbett einer Werkzeugmaschine, ist ein bandförmiger elastischer Teilungsträger 2 mit einer translatorischen Teilung unter der Vorspannkraft P angebracht und an einem zweiten Maschinenelement 3, z. B. Support der Werkzeugmaschine, welches zum ersten Maschinenelement in Meß- und Verfahrrichtung 9 relativ beweglich ist, ist eine Abtasteinrichtung 4 für die Teilung angebracht. Die in der Abtasteinrichtung 4 erzeugten Primärsignale werden einer Auswerteeinrichtung 10 zugeleitet und die in der Auswerteeinrichtung 10 erzeugten Sekundärsignale werden einer Anzeigeeinrichtung 11 zugeleitet.

Der metrologische Anschluß der Anzeige 11 dieser Anordnung hängt vom Spannungszustand und damit von den Einspannkraften des Teilungsträgers 1 in Teilungsrichtung 12 ab. Erfindungsgemäß enthält die Anordnung ein Längenetalon 5 mit einer Anfangsmarke 6 und einer Endmarke 7, wobei dieses Etalon den Abstand A zwischen der Anfangsmarke 6 und der Endmarke 7 in Teilungsrichtung 12 konstant hält und sich in Teilungsrichtung 12 erstreckt. Eine Markenabtasteinrichtung 8 für die Anfangs- und Endmarke 6, 7 des Etalons 5 ist fest mit der Abtasteinrichtung 4 der Teilung verbunden. Die Markenabtastesignale beim Überfahren der Anfangs- und Endmarke 6, 7 des Etalons 5 werden von der Markenabtasteinrichtung 8 der Auswerteeinrichtung 10 zugeführt.

Für den mittleren minimalen Summenteilungsfehler der Teilung sei bei einer Einspannkraft von 203 N der Abstand A des Etalons gegen ein metrologisch absolut angeschlossenes Laserwegmeßsystem von beispielsweise $A = 1\,000,478\text{ mm}$ beim Meßsystemhersteller ermittelt worden.

Beim Anbau des Meßsystems an die Werkzeugmaschine wurde die Einspannkraft des elastischen Teilungsträgers gemessen und so eingestellt, daß der Wert etwa auch bei 203 N lag.

Für die Reproduktion des vom Meßsystemhersteller vorgenommenen metrologischen Maßanschlusses ist nach folgenden Schritten zu verfahren:

1. Ermittlung der scheinbaren Etalonlänge, indem mit der Markenabtasteinrichtung 8 in Teilungsrichtung 12 zunächst die Anfangs- 6 und danach die Endmarke 7 überfahren wird und dabei anhand der Anfangs- und Endmarkensignale einerseits und der durch diese Bewegung entstehenden zwischen Anfangs- und Endmarkensignalen liegenden Sekundärsignale der Teilung andererseits die scheinbare Etalonlänge in Einheiten dieser Sekundärsignale an der Anzeigeeinrichtung ausgewiesen wird.

Im ersten Schritt soll sich eine scheinbare Etalonlänge von $1\,000,637\text{ mm}$ ergeben haben. Daraus resultiert, daß die Teilung im Vergleich zur Etalonlänge zu kurz ist.

Die Differenz beträgt -159 Inkremente.

2. Da die Differenz negativ ist, ist der elastische Teilungsträger 2 geringfügig nachzuspannen und die scheinbare Etalonlänge ist entsprechend Punkt 1. neu zu bestimmen.

Die Schritte 1. und 2. sind solange zu wiederholen, bis die scheinbare Etalonlänge mit der tatsächlichen Etalonlänge von $1\,000,478\text{ mm}$ übereinstimmt. Für den Fall der Übereinstimmung ist der metrologische Anschluß des Längenmeßsystems über die gesamte Meßlänge in Übereinstimmung mit dem metrologischen Anschluß, wie er vom Meßsystemhersteller gegenüber einem Laserwegmeßsystem realisiert wurde, gebracht worden, ohne daß an der Werkzeugmaschine mit externen Meßmitteln gearbeitet werden mußte.

