



PATENTSCHRIFT 136 536

Wirtschaftspatent

Bestätigt gemäß § 6 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

				Int. Cl. ³
(11)	136 536	(45)	23.07.80	3(51) G 01 B 9/02
(21)	WP G 01 B / 205 287	(22)	10.05.78	
(44) ¹⁾	11.07.79			

(71) siehe (72)

(72) Gramß, Gerhard, DD

(73) siehe (72)

(74) VEB Carl Zeiss Jena, Büro für Schutzrechte, 6900 Jena, Carl-Zeiss-Straße 1

(54) Anordnung zur Kompensation von Meßfehlern erster Ordnung

Titel der Erfindung: Anordnung zur Kompensation von Meßfehlern erster Ordnung

Anwendungsgebiet der Erfindung:

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur Kompensation von Meßfehlern erster Ordnung, welche infolge der Verletzung des Abbe'schen Komparatorprinzips entstehen, mittels optischer Teile, vorzugsweise für mit Interferometern ausgerüsteten Koordinatenmeßgeräten und Werkzeugmaschinen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen:

Präzisionslängenmessungen mit Koordinatenmeßgeräten werden heute meist auf Grund der Meterdefinition als Vergleich zwischen Meßstrecke und Lichtwellenlänge durchgeführt. Als Meßeinrichtung dienen hierzu Interferometer, die vorzugsweise Laser als Lichtquelle verwenden. Dazu wäre es notwendig, derartige Messungen bei Einhaltung des Abbe'schen Komparatorprinzips durchzuführen, um durch Führungsfehler bedingte Meßfehler erster Ordnung auszuschalten. Die Anwendung eines Laserwegmeßsystems an Koordinatenmeßmaschinen bei Einhaltung des Komparatorprinzips würde die Baugröße derartiger Maschinen nachteilig beeinflussen.

Weiterhin würde der frei im Raum verlaufende Laserstrahl durch Umwelteinflüsse in seiner optischen Länge beeinflusst. Es erscheint daher sinnvoll, auch bei Anwendung interferometrischer Längenmessung das Abbe'sche Komparatorprinzip zu verletzen und durch geeignete

Einrichtungen die Meßfehler der ersten Ordnung zu kompensieren.

Aus DD 118 464 ist eine derartige Einrichtung bekannt. Im Maschinenbett ist eine Laser- und Interferometereinheit fest angeordnet, deren Meßstrahl von einem Tripelspiegel reflektiert wird, der pendelnd an einem Meßschlitten aufgehängt ist. Dabei liegt die Pendelachse in der Meßachse, und die Interferometerachse und die Meßachse liegen in einer gemeinsamen senkrechten Ebene. Durch die pendelnde Aufhängung des Tripelspiegels soll vermieden werden, daß sich die durch Führungsfehler bedingte Kippung des Meßschlittens auf das Meßergebnis negativ auswirkt.

Eine derartige Einrichtung besitzt jedoch erhebliche Nachteile, weil die Pendellage des Tripelspiegels nicht ausreichend reproduzierbar und durch Schwingungen leicht beeinflussbar ist.

Ziel der Erfindung:

Es ist das Ziel der Erfindung, die Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen und die Meßgenauigkeit bei Koordinatenmeßmaschinen und die Einstellgenauigkeit bei Werkzeugmaschinen zu erhöhen.

Darlegung des Wesens der Erfindung:

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Kompensation von Meßfehlern erster Ordnung zu schaffen, mit der mit optischen Mitteln eine Anpassung der Kompensationswirkung an den Abstand von Meßstrahlengang zu Prüfungsachse erzielt wird.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei einer Anordnung zur Kompensation von Meßfehlern erster Ordnung bei einem aus Lichtquelle, Strahlenteiler und Interferometer bestehendem Meßsystem dadurch gelöst, daß im Meßstrahlengang des Meßsystems vor dem Reflexionsspiegel eine Planparallelplatte und ein Vorsatzfernrohr angeordnet sind, die zusammen mit dem Reflexionsspiegel starr mit dem Schlitten verbunden sind.

Dabei ist es vorteilhaft, daß die Planparallelplatte und das Vorsatzfernrohr zwischen der Lichtquelle und dem Reflexionsspiegel im Meßstrahlengang angeordnet sind, und daß die Planparallelplatte schräg, vorzugsweise unter 45° ,
5 im Meßstrahlengang gelegen ist.

Vorteilhaft ist ferner, daß im Meßstrahlengang ein in seiner Vergrößerung variierbares, die Kompensationswirkung der Planparallelplatte veränderndes Vorsatzfernrohr vorgesehen ist, wobei die Vergrößerung in Abhängigkeit des
10 Abstandes von Meßstrahlengang und Prüflingsachse einstellbar ist.

Diese Anordnung hat gegenüber der bekannten Einrichtung erhebliche Vorteile. So zeichnet sie sich durch eine einfache und robuste Konstruktion aus, welche wenig Bau-
15 teile umfaßt. Bewegliche Teile sind nicht vorhanden. Durch eine Veränderung des effektiven Lichtweges ist die Kompensationswirkung in Abhängigkeit des Abstandes von Prüflingsachse und Interferometerstrahlengang einstellbar und so die Anwendung in mehreren übereinanderliegenden Meßebenen
20 möglich. Wie auch bei der bekannten Einrichtung, kann die Anordnung und das Interferometer, gegen Umwelteinflüsse abgekapselt, im Meßgeräte- oder Werkzeugmaschinenbett eingebaut werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Anordnung unempfindlich gegen Parallelversetzungen des sie
25 tragenden Schlittens in Seite und Höhe ist. Als separate Baueinheit kann die Anordnung nachträglich ohne großen Aufwand in Meßgeräte und Werkzeugmaschinen eingebaut werden. Die Anordnung ist ferner lageunabhängig.

Ausführungsbeispiel:

30 Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1 die Lage der Anordnung in einem Meßgerät,

Fig. 2 schematisch den Aufbau und Strahlengang der
der Anordnung und

35 Fig. 3 den Strahlengang durch die Planparallelplatte.

Das in Fig. 1 schematisch dargestellte Koordinatenmeßgerät besteht aus einem Gerätebett 1, auf dem sich ein verschiebbar gelagerter Schlitten 2 und ein Ständer 3 befinden. Im oberen Teil des Meßgerätes ist zwischen dem Ständer 3 und dem Schlitten 2 der zu messende Prüfling 4 angeordnet. Im Abstand f von der Prüflingsachse, welche gleichzeitig die Meßachse ist, befindet sich im unteren Teil des Schlittens 2 der Meßstrahlengang 5 und starr am Schlitten 2 angeordnet die Anordnung zur Kompensation von Meßfehlern erster Ordnung, welche durch Führungsfehler des Schlittens 2 oder durch Verformungen bedingt sind. Im Gerätebett 1 sind vorzugsweise die Lichtquelle 6, ein Interferometer und ein Strahlenteiler (nicht dargestellt) vorgesehen und mit diesen fest verbunden. Als Lichtquelle 6 wird vorteilhafterweise ein Laser verwendet.

Die im Meßstrahlengang 5 angeordnete Kompensations-einrichtung besteht aus einer Planparallelplatte 7 und einem Vorsatzfernrohr 8, welche optisch mit einem im Schlitten 2 vorgesehenen Reflexionsspiegel 9 zusammenwirken und zwischen dem Reflexionsspiegel 9 und der Lichtquelle 6 angeordnet sind (Figuren 1 und 2). Hierbei sind die optisch wirksamen Flächen der Planparallelplatte 7 schräg, vorzugsweise 45° geneigt, im Meßstrahlengang 5 gelegen. Das Vorsatzfernrohr 8 besitzt vorteilhafterweise eine in Abhängigkeit des Abstandes f von Meßstrahlengang 5 und Prüflingsachse verstellbare Vergrößerung.

Die Wirkungsweise der Anordnung kann wie folgt beschrieben werden:

Das von der Lichtquelle 6 ausgehende und den Strahlenteiler durchlaufende Licht des Meßstrahlengangs passiert auf seinem Wege das Vorsatzfernrohr 8 und die Planparallelplatte 7 und trifft auf den Reflexionsspiegel 9, welcher als Tripelspiegel ausgebildet ist. Vom Reflexionsspiegel 9

reflektiert, durchläuft es in entgegengesetzter Richtung die Planparallelplatte 7 und das Vorsatzfernrohr 8 zum Strahlenteiler (nicht dargestellt) zurück. Die mit dem Licht eines Referenzstrahlenganges (nicht dargestellt) gebildeten Interferenzen werden mit den für interferometrische Meßsysteme üblichen Mitteln zwecks Messung der Verschiebung oder Stellung des Schlittens 2 ausgewertet.

Die Kompensationswirkung der Anordnung aus Planparallelplatte 7 und Vorsatzfernrohr 8, welche zusammen mit dem Schlitten 2 bei Führungsungenauigkeiten oder Verformungen am Gerätebett 1 verkippen, entsteht dadurch, daß das von der Lichtquelle 6 ausgehende, den Strahlenteiler durchlaufende kohärente Licht zweimal die Planparallelplatte 7 zu passieren hat. Bei der Verkipfung verändert sich der effektive Glasweg des Lichtes durch die Planparallelplatte 7. Diese Glaswegänderung ist proportional dem Kippwinkel φ des Schlittens. Das im Meßstrahlengang 5 angeordnete Vorsatzfernrohr 8 vergrößert den Kippwinkel φ auf optischem Weg und erhöht die Effektivität der Planparallelplatte. Demzufolge kann, je nach Fernrohrvergrößerung Γ , bei gleichem Kippwinkel φ des Schlittens 2 die optisch wirksame Dicke d der Planparallelplatte 7 scheinbar verändert werden.

In den Figuren 2 und 3 ist der Strahlengang in der Planparallelplatte 7 und im Vorsatzfernrohr 8 schematisch dargestellt. Bei vorhandener Kippung des Schlittens 2 tritt das Licht der Lichtquelle 6 unter dem Kippwinkel φ in das Vorsatzfernrohr 8 ein und verläßt dieses unter einem Winkel $\varphi_1 = (\Gamma + 1) \cdot \varphi$ gegenüber einem Lichtstrahl bei dem Kippwinkel $\varphi = 0$. Das Licht trifft dann auf die, den Glasweg bestimmende Planparallelplatte 7 mit der Dicke d und der Brechzahl n , wobei die Planparallelplatte 7 schräg, vorzugsweise unter 45° im Meßstrahlengang 5 angeordnet ist. Der Eintrittswinkel ist mit ξ bezeichnet (Fig. 3). Die wellenoptische

Weglänge S zwischen zwei Festpunkten durch die um den Winkel ε geneigte Planparallelplatte 7 errechnet sich entsprechend Fig. 3 nach der Beziehung $S = a - b + nd_1$,
5 worin n die Brechzahl des Glases für die Wellenlänge des verwendeten monochromatischen Lichtes ist.

Für kleine Änderungen des Lichteintrittswinkels ε ergeben sich durch Differentiation die Änderungen ΔS der optischen Weglänge zu

$$\Delta s = d \cdot \sin \varepsilon \left(1 - \frac{\cos \varepsilon}{n^2 - \sin^2 \varepsilon} \right) \Delta \varepsilon, \text{ worin } d \text{ die}$$

10 Dicke der Planparallelplatte ist.

Wenn sich z. B. durch unkontrollierte Kippung des Schlittens 2 der Reflexionsspiegel 9 effektiv von der Lichtquelle 6 entfernt und so die Weglänge S zunimmt, muß diese optische Wegzunahme durch einen negativen
15 Wert ΔS kompensiert werden. Das Vorzeichen von ΔS ist je nach Neigung der Planparallelplatte 7 zum Vorsatzfernrohr 8 hin bzw, von ihm weg umkehrbar. Weiterhin kann durch Wahl des Vorsatzfernrohres 8 das Vorzeichen von ΔS variiert werden.

20 Nach der Anordnung gemäß den Figuren 1 und 2 ergibt sich für die kontinuierliche Kompensation der Fehler erster Ordnung durch Verletzung des Abbe'schen Komparatorprinzips um den Abstand f folgende Beziehung

$$f = d \cdot \sin \varepsilon \left(1 - \frac{\cos \varepsilon}{n^2 - \sin^2 \varepsilon} \right) (\Gamma + 1).$$

25 Für Einkoordinatenmeßgeräte ist der Abstand f zwischen Prüflingsachse und Meßstrahlengang 5 konstant. Bei Zwei- oder Dreikoordinatenmeßgeräten wird er mit der Wahl der Meßebene in verschiedenen Prüflingshöhen auch ständig verändert. Wird die Vergrößerung Γ des Vorsatzfernrohres 8 mittels geeigneter Mittel kontinuierlich verändert,
30 so ändert sich auch die Größe der Kompensationswirkung der

erfindungsgemäßen Anordnung und diese kann somit beliebigen Abständen f angepaßt werden. Das bedeutet z. B., daß für Dreikoordinatenmeßgeräte die Führungsfehler der x-y-Koordinaten für jede in der z-Koordinate zu wählende Meßebe-
5 nierbar sind.

Durch eine Kopplung der Einstellmittel für die Fernrohrvergrößerung mit der Verstellung der Meßebe-
ne ist eine automatisierte Kompensation von Meßfehlern erster Ordnung erzielbar.

Erfindungsanspruch:

1. Anordnung zur Kompensation von Meßfehlern erster Ordnung, die infolge Verletzung des Abbe'schen Komparatorprinzips bedingt sind, bei einem aus Lichtquelle, Strahlenteiler und Interferometer bestehenden Meßsystem, vorzugsweise für Koordinatenmeßgeräte und Werkzeugmaschinen, wobei ein Reflexionsspiegel eines Meßstrahlenganges und die zur Kompensation benutzten Bauteile an einem beweglichen Schlitten außerhalb der Prüflingsachse (Meßachse) und die Lichtquelle und der Strahlenteiler fest im Gerätebett angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß im Meßstrahlengang des Meßsystems vor dem Reflexionsspiegel eine Planparallelplatte und ein Vorsatzfernrohr angeordnet sind, die zusammen mit dem Reflexionsspiegel starr mit dem Schlitten verbunden sind.

2. Anordnung nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Planparallelplatte und das Vorsatzfernrohr zwischen der Lichtquelle und dem Reflexionsspiegel im Meßstrahlengang angeordnet sind, und daß die Planparallelplatte schräg, vorzugsweise unter 45° , im Meßstrahlengang ist.

. Anordnung nach Punkt 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Meßstrahlengang ein in seiner Vergrößerung veränderbares, die Kompensationswirkung der Planparallelplatte veränderndes Vorsatzfernrohr vorgesehen ist, wobei die Vergrößerung in Abhängigkeit des Abstandes von Meßstrahlengang und Prüflingsachse einstellbar ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

