



①⑨

CH PATENTSCHRIFT

A5

①①

599 536

s

---

- ②① Gesuchsnummer: 11348/75  
⑥① Zusatz zu:  
⑥② Teilgesuch von:  
②② Anmeldungsdatum: 2. 9. 1975, 17<sup>1</sup>/<sub>4</sub> h  
③③ ③② ③① Priorität:

Patent erteilt: 30. 11. 1977

- ④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 31. 5. 1978
- 

⑤④ Titel: **Vermessungs-Gerät, insbesondere Theodolit**

⑦③ Inhaber: Kern & Co. AG, Aarau

⑦④ Vertreter: Dr. Ing. Hans A. Troesch, Zürich

⑦② Erfinder: Dr. Heinz Aeschlimann, René Nünlist, Aarau, und Dr. Rudolf Stocker, Uster

Vermessungsgerät, dessen Messwert von Horizontierungsfehlern bei der Aufstellung abhängig ist mit einer Vorrichtung zur Bestimmung von Horizontierungsfehlern des Gerätes.

Man kennt bereits verschiedene Einrichtungen zur Stabilisierung der räumlichen Lage optischer Systeme bzw. zur Kompensation von Abweichungen von einer Soll-Lage. Zur Stabilisierung ganzer Geräte ist es bekannt, diese auf eine Kreiselpattform zu montieren. Der damit verbundene erhebliche Aufwand ist nachteilig. Auch hat man schon Mittel, z. B. Gyroskope, Wasserwaagen, Pendel als Bezug zur Analyse von Drehbewegungen eines Gerätes verwendet und Abweichungen von einer Soll-Lage durch Verschiebung eines optischen Elementes bzw. Strahlenganges automatisch kompensiert. Eine solche direkte Kompensation stösst insbesondere bei Inkrementalmessverfahren infolge Mehrdeutigkeit und Mittelungsproblemen bei grösseren Geräte-Vibrationen auf ausserordentlich grosse Schwierigkeiten. Im Gegensatz zu Skalen- oder Code-Ablesungen mit definiertem Nullpunkt messen Inkrementalsysteme nur Richtungsänderungen durch Zählung einzelner Schritte bei der Bewegung von einer Richtung zur anderen. Die Grösse dieser durch die Zielpunkte definierten Bewegung um einen der Fehlhorizontierung entsprechenden Betrag zu verändern, gelingt mit einfachen Mitteln nicht.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Vermessungsgerät anzugeben, dessen Messwert bei Horizontierungsfehlern auch für inkrementale Systeme mit relativ geringem Aufwand einwandfrei korrigierbar ist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Recheneinrichtung, welche aus dem Messwert und dem Horizontierungsfehler einen korrigierten Wert der Messgrösse berechnet. Bei einer Ausführungsform des Gerätes wird der korrigierte Zahlenwert einer durch ein Ziel bestimmten Horizontalrichtung berechnet. Der Messwert für eine Richtung liegt durch fotoelektrische Umsetzung, elektrische Zählung und Interpolation der Perioden eines an einem Abtaster vorbeigelaufenen Moirémusters als elektrisches Signal vor, als Signal für den Horizontierungsfehler dient der Stellstrom der Drehspule in einer Lageregelschaltung eines drehspulgetriebenen Pendels, und die korrigierte Richtung wird von der Recheneinrichtung aus den genannten Signalen automatisch berechnet und digital angezeigt. Bei einer anderen Variante ist der Horizontierungsfehler durch das Ausgangssignal einer lichtempfindlichen Schottky-Grenzschicht-Diode bestimmt, die gerätefest montiert ist und mit einem an einer Flüssigkeitsoberfläche reflektierten Lichtstrahl beaufschlagt wird. Ein mit Moirémuster arbeitendes Gerät schliesslich zeichnet sich dadurch aus, dass das Moirémuster durch eine selbstabtastende lichtempfindliche Anordnung von Dioden abgetastet, das Abtastsignal von einem Ladungsverstärker, einem Integrator und einer Abtast- und Halteschaltung verarbeitet und die Phasenlage des Abtastsignals bezogen auf eine gegebene Diode in der Anordnung als Referenzsignal durch einen, kontinuierlich veränderliche Grössen in sprunghaft veränderliche Grössen umsetzenden, phasenangeschlossenen Regelkreis bestimmt wird.

Die neue Einrichtung ist nachfolgend anhand der Zeichnung beispielsweise beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 die schematische Darstellung eines Theodoliten mit Kippachsenfehler, Neigungsmesseinrichtung und Recheneinrichtung mit Anzeige,

Fig. 2a und 2b die geometrischen Verhältnisse an der Neigungsmesseinrichtung vor bzw. nach dem Umsetzen,

Fig. 3 den Zusammenhang zwischen Kippachsenfehler und Fehler der Horizontalrichtung bei einem Theodoliten.

Beim in Fig. 1 Dargestellten wird der Kippachsenfehler, d. h. die Abweichung der Kippachse K von der zur Lotrichtung V senkrechten Lage bei einem Theodoliten 1 durch eine mit ihm fest verbundene Neigungsmesseinrichtung 2 erfasst. Die Ausgangssignale der Einrichtung 2 sind dem Eingang eines

Rechners 3 zugeführt, der ausserdem noch die Signale einer opto-elektrischen Horizontalrichtungs- und Höhenmess-Einrichtung am Theodoliten 1 verarbeitet. Sowohl für den Neigungsmesser 2, als auch für den Rechner 3 und den opto-elektronischen Richtungsgeber sind dem Fachmann bereits Lösungen bekannt, auf welche hier nicht näher eingegangen wird. Zur digitalen Anzeige des Kippachsenfehlers und der korrigierten Horizontal- und Höhen-Richtungen sind am Rechner 3 noch Einrichtungen 4 vorgesehen.

Fig. 2a zeigt einen Neigungsmesser 2 mit Analoganzeige 5 im einzelnen. Der zwischen der Kippachse K und der Horizontalen H als Winkel  $i$  auftretende Kippachsenfehler wird aus zwei Einstellungen des Neigungsmessers 2 berechnet, welche sich durch Umsetzen (bzw. Alhidadendrehung) um  $200^\circ$  ergeben. Fig. 2b zeigt die Verhältnisse nach dem Umsetzen. Mit 6 ist eine Winkelbezugsrichtung, mit  $\varphi$  ein unbekannter Achsenfehler der Einrichtung 2 und mit  $a$  der Winkel zwischen 6 und der zur Achse A von 2 Senkrechten bezeichnet. Bedeutet  $l$  bzw.  $r$  den Winkel zwischen der Vertikalen V und der Bezugsrichtung 6 in Fig. 2a bzw. Fig. 2b, so ergibt sich

$$l = a + i + \varphi \text{ und } r = a - (i + \varphi) \text{ oder } i = -\left(l - \frac{1}{2}r\right).$$

Die Anzeige 5 zeigt die Werte für  $l$  bzw.  $r$ .

Aus dem Kippachsenfehler  $i$  ergibt sich der Fehler  $i'$  einer Horizontalrichtung  $\beta'$  gemäss Fig. 3: Die Grundfläche  $K_1 C_1 D C_2$  ist die Horizontalebene,  $K_1 K_1$  die horizontale Kippachsenlage,  $K_2 K_2$  fehlerhafte Lage mit Kippachsenfehler  $i$ . Infolge dieses Fehlers bewegt sich die Ziellinie SP in der Ebene  $C_1 P Z' C_2$  statt in  $C_1 Q Z C_2$ . Wird ein Punkt P angezielt, so wird er nach  $C_1$  anstatt nach D projiziert, der Winkel  $i' = \angle DSC_1$  zwischen den Ebenen  $DPZ$  und  $C_1 QZ$  stellt den Fehler der Horizontalrichtung beim Anzielen des Punktes P mit der Höhe  $\alpha$  dar.

Im Dreieck ESF ist  $\sin i' = \frac{EF}{ES}$  und im zu ZSZ' parallelen rechtwinkligen Dreieck PEF  $\tan i = \frac{EF}{EP}$ . Wegen  $\sin \alpha = \frac{PE}{r}$  und  $\cos \alpha = \frac{ES}{r}$  wird  $\sin i' = \frac{r \sin \alpha \cdot \tan i}{r \cos \alpha} = \tan i \cdot \tan \alpha$ . Für

kleine Kippachsenfehler  $i$  also wird der Fehler der Horizontalrichtung  $i' = i \cdot \tan \alpha$ .

Der Rechner 3 (Fig. 1) berechnet aus den beiden Neigungswerten  $r$  und  $l$  von 2 und der Horizontalrichtung  $\beta'$  eine korrigierte Horizontalrichtung  $\beta = \beta' + \frac{1}{2}(l - r) \cdot \tan \alpha$ .

Über das beschriebene Ausführungsbeispiel hinaus ist die Erfindung auch für weitere Vermessungsgeräte verwendbar, beispielsweise für die Flugbahnvermessung, für Feuerleitrichtungen usw.

#### PATENTANSPRUCH

Vermessungsgerät, dessen Messwert von Horizontierungsfehlern bei der Aufstellung abhängig ist, mit einer Vorrichtung zur Bestimmung von Horizontierungsfehlern des Gerätes, gekennzeichnet durch eine Recheneinrichtung (3), welche aus dem Messwert und dem Horizontierungsfehler einen korrigierten Wert der Messgrösse berechnet.

#### UNTERANSPRÜCHE

1. Vermessungsgerät nach Patentanspruch, bei dem durch fotoelektrische Umsetzung, elektrische Zählung und Interpolation der Perioden eines an einem Abtaster vorbeigelaufenen Moirémusters der Messwert für eine Richtung als elektrisches Signal vorliegt, dadurch gekennzeichnet, dass der Stellstrom der Drehspule in einer Lageregelschaltung eines drehspulgetriebenen Pendels als Signal für den Horizontierungsfehler dient, und dass die Recheneinrichtung (3) aus den genannten Signalen

die korrigierte Richtung automatisch berechnet und digital anzeigt.

2. Vermessungsgerät nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Horizontierungsfehler durch mindestens ein Ausgangssignal einer lichtempfindlichen Schottky-Grenzschicht-Diode bestimmt ist, die gerätefest montiert ist und mit einem an einer Flüssigkeitsoberfläche reflektierten Lichtstrahl beaufschlagt wird.

3. Vermessungsgerät nach Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehspule für das Pendel spannbandgelagert ist.

4. Vermessungsgerät nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Recheneinrichtung (3) den unkorrigierten Messwert, den Horizontierungsfehler und die korrigierte Messgröße digital anzeigt.

5. Vermessungsgerät nach Unteranspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Moirémuster durch eine in Abtastzyklen periodisch selbstabtastende lichtempfindliche Anordnung von Dioden abgetastet, das Abtastsignal von einem Ladungsverstärker, einem Integrator und einer Abtast- und Halteschaltung verarbeitet und die Phasenlage des Abtastsignals bezogen auf den Abtastzeitpunkt einer gegebenen Diode in der Anordnung als Referenzsignal durch einen analog-digitalen PLL-Schaltkreis bestimmt wird.

6. Vermessungsgerät nach Unteranspruch 1 oder 2, bei dem das Moirémuster mit vier nebeneinanderliegenden, je  $\frac{1}{4}$ -Moiréperiode überdeckenden fotoelektrischen Empfängern abgetastet, jedes deren elektrischer Signale verstärkt, aus je zwei gegenphasigen Signalen zwei um  $90^\circ$  phasenverschobene Differenzsignale gebildet werden, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Differenzsignal jeweils mit einem Signal eines Sinus-Referenz-Oszillators multipliziert wird, dessen Signale um  $90^\circ$  zueinander phasenverschoben sind, dass aus den beiden Produktsignalen die Summe gebildet und dass die Phasendifferenz zwischen dieser Summe und einem Signal des Sinus-Referenz-Oszillators mit einem Phasemesser bestimmt wird.

7. Vermessungsgerät nach Patentanspruch oder Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Horizontierungsfehler durch zwei voneinander unabhängige, je eine Neigungskomponente des Gerätes erfassende Vorrichtungen bestimmt wird.

8. Vermessungsgerät nach Unteranspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Horizontierungsfehler durch zwei voneinander unabhängige, je einer Neigungskomponente des Gerätes entsprechende Ausgangssignale der lichtempfindlichen Schottky-Grenzschicht-Diode bestimmt wird.

Fig.1

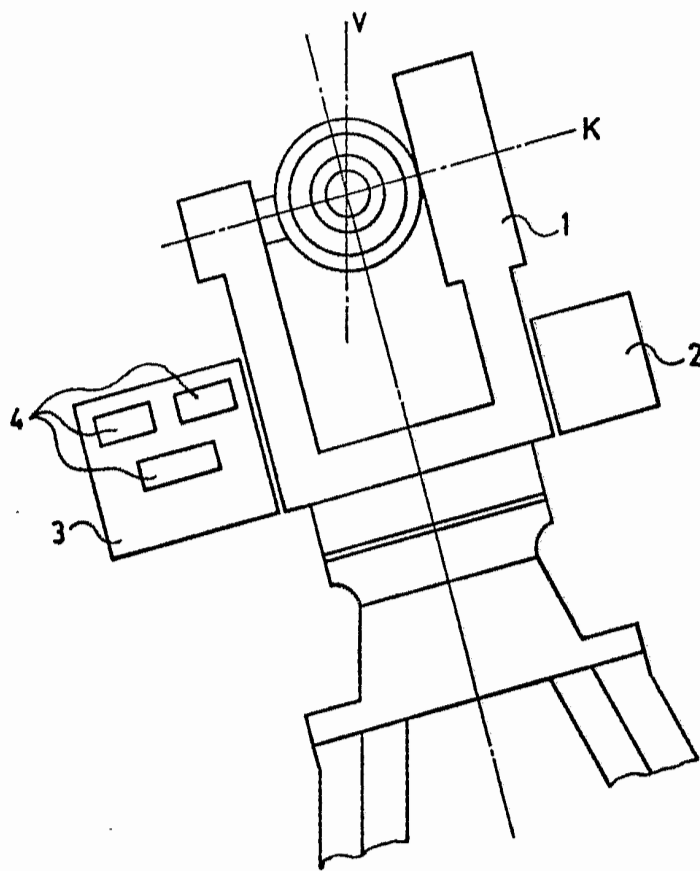


Fig. 2a

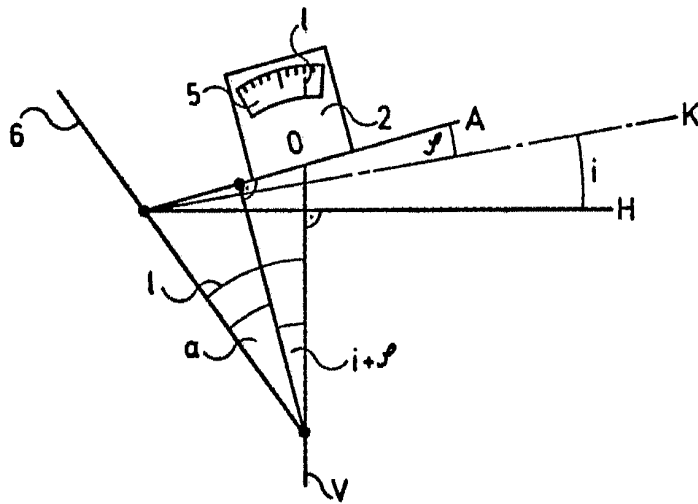


Fig. 2b

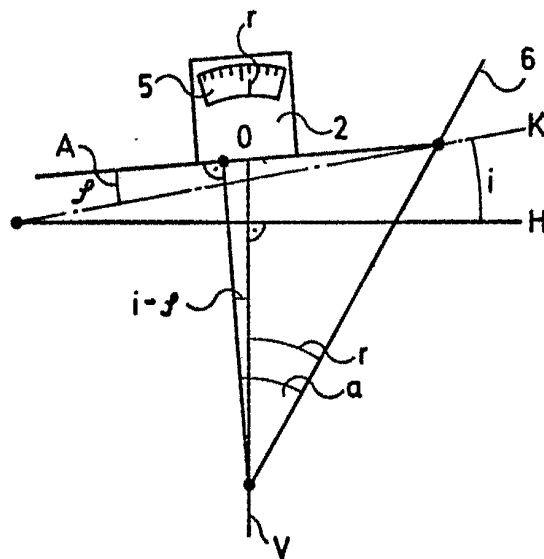


Fig. 3

