

⑤1

Int. Cl. 2:

**G 01 C 1/02**

①9 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



**DT 26 38 621 A 1**

①1

# **Offenlegungsschrift 26 38 621**

②1

Aktenzeichen: P 26 38 621.0

②2

Anmeldetag: 27. 8. 76

④3

Offenlegungstag: 10. 3. 77

③0

Unionspriorität:

③2 ③3 ③1

2. 9. 75 Schweiz 11348-75

⑤4

Bezeichnung: Vermessungs-Gerät, insbesondere Theodolit

⑦1

Anmelder: Kern & Co AG, Aarau (Schweiz)

⑦4

Vertreter: Kohler, R., Dipl.-Phys.; Schwindling, H., Dipl.-Phys.; Späth, S., Dipl.-Ing.;  
Rüdel, D., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Pat.-Anwälte, 7000 Stuttgart

⑦2

Erfinder: Aeschlimann, Heinz, Dipl.-Ing. Dr.; Nünlist, Rene, Dipl.-El.-Techn.;  
Aarau; Stocker, Rudolf, Dr., Uster (Schweiz)

**DT 26 38 621 A 1**

Anmelderin:

Kern & Co. AG  
5001 Aarau  
Schweiz

Stuttgart, den 24. August 1976  
P 3223 X/Ri

Vertreter:

Kohler - Schwindling - Späth  
Patentanwälte  
Hohentwielstraße 41  
7000 Stuttgart 1

Vermessungs-Gerät, insbesondere Theodolit

Die Erfindung betrifft ein Vermessungsgerät, dessen Messwert - insbesondere Höhenwinkel oder Horizontalrichtung - von Horizontierungsfehlern bei der Aufstellung abhängig ist, insbesondere einen Theodolit mit einer Vorrichtung zur Bestimmung von Horizontierungsfehlern des Gerätes, die mit dem Gerät fest verbindbar ist.

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 Kreiselplattform 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 Inkremental-

Systeme nur Richtungs-differenzen 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 Horizontierungsfehler den Wert der korrigierten Messgrösse berechnet. Bei einer Form 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 Mass für den Horizontierungsfehler dient der Steuerstrom für eine Lageregelschaltung eines drehspulgetriebenen Pendels und die korrigierte Richtung wird von der Recheneinrichtung aus den vorliegenden Signalgrössen automatisch berechnet und digital angezeigt. Bei einer anderen Variante ist der Horizontierungsfehler durch das Ausgangssignal einer Schottky-Barrier-Diode bestimmt, welche 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 einen Self-Scanned-Photodiode-Array abgetastet, das Abtastsignal von einem Ladungsverstärker, einem Integrator und einer Sample-Hold-Schaltung verarbeitet und dessen Signalphase durch eine analog-digitale Phase-Locked-Loop-Schaltung (PLL) bestimmt wird.

Die neue Einrichtung ist nachfolgend anhand der Zeichnungen 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,

Fig. 3a die geometrischen Verhältnisse bei der rechnerischen Korrektur der Messwerte eines Theodoliten mit Horizontierungsfehler,

Fig. 4 ein drehspulgetriebenes Pendel mit Lageregelschaltung,

Fig. 5 eine Schottky-Barrier-Diode mit Flüssigkeitsspiegel, Beleuchtung und Auswerteelektronik,

Fig. 6 ein Self-Scanned-Photodiode-Array mit Auswerteelektronik,

Fig. 7 eine 4-fach Empfängeranordnung mit Auswerteelektronik.

Fig. 8 das Blockschema einer Recheneinrichtung zur rechnerischen Korrektur der Messwerte eines Theodoliten mit Horizontierungsfehler.

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 dem Gerät 1 fest verbundene Neigungsmesseinrichtung 2 erfasst. Die Ausgangssignale der Einrichtung 2 sind dem

709810/0385

2638621

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  $200^g$  ergeben. Fig. 2b zeigt die Verhältnisse nach dem Umsetzen. Mit  $\psi$  ist eine Winkelbezugsrichtung, mit  $\psi$  ein unbekannter Achsenfehler der Einrichtung 2 und mit  $a$  der Winkel zwischen  $\psi$  und der zur Achse A von 2 Senkrechten bezeichnet. Bedeutet  $l$  bzw.  $r$  den Winkel zwischen der Vertikalen V und der Bezugsrichtung  $\psi$  in Fig. 2a bzw. Fig. 2b, so ergibt sich

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

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,  $K_2 K_2$  die 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  $i' = DSC_1$  zwischen den Ebenen DPZ und  $C_1 QZ$  stellt den Fehler der Horizontalrichtung beim Anzielen des Punktes P mit der Höhe  $u$  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  $\beta = \beta' + \frac{1}{2} (1 - r) \cdot \tan \alpha$ .

Gemäss Fig. 3 wurde angenommen, dass die von der horizontalen und von der fehlerhaften Kippachse aufgespannte Ebene zur Lotrichtung parallel steht. Ist dies nicht der Fall, so liegt ein allgemeinerer Horizontierungsfehler vor, d.h. eine beliebige räumliche Lage der gerätefesten Bezugsebene für die Messwerte (Horizontalkreisebene) relativ zur Horizontalebene. Fig. 3a zeigt zwei Ansichten eines relativ zum Unterbau oder Limbus (d.h. zum Stativ) gerätefesten Theodolitkoordinatensystems  $(X, Y, Z)$ , wobei die Z-Achse nach oben zeigt.  $(X, Y)$  ist die Gerätestandebene, d.h. Horizontalkreisebene,  $(X, Z)$  die Neigungsmesser-Hauptebene. Ein am Unterbau befestigter Neigungsmesser soll die Winkelabweichungen der X-Achse und der Y-Achse von der Horizontalebene messen.

Jedem Zielpunkt P sind vier Messwerte  $\varphi$ ,  $\alpha$ ,  $\delta_x$  und  $\delta_y$  zugeordnet, wobei

$\varphi$  = Horizontalwinkel zwischen der auf die  $(X, Y)$ -Ebene projizierten Zielrichtung und der X-Achse, gemessen von X über Y,

$\alpha$  = Elevationswinkel zwischen der auf die  $(X, Y)$ -Ebene projizierten Zielrichtung und der Zielrichtung selbst, gemessen von der  $(X, Y)$  - Ebene.

$\delta_x$  = Winkelabweichung der X-Achse von der wahren Horizontalebene  
 ( $\delta_x > 0$  bedeutet X liegt oberhalb der Horizontalebene),

$\delta_y$  = Winkelabweichung der Y-Achse von der wahren Horizontalebene  
 ( $\delta_y > 0$  bedeutet Y liegt unterhalb der Horizontalebene).

Für den Fall ideal horizontierter Gerätestandebene  $(X, Y)_0$  sind dem Zielpunkt P die Größen  $\varphi_0, \alpha_0, \delta_{x,0} = 0$  und  $\delta_{y,0} = 0$  zugeordnet. Man erhält sie aus den Messwerten  $\varphi, \alpha, \delta_x$  und  $\delta_y$  des Gerätes durch die Transformationen

$$\varphi_0 = \varphi + \varphi_1 + \varphi_2 \quad \text{und}$$

$$\alpha_0 = \alpha + \alpha_1 + \alpha_2 \quad \text{wobei}$$

$$\varphi_1 = \tan \alpha (\delta_x \sin \varphi + \delta_y \cos \varphi),$$

$$\varphi_2 = \frac{\sin 2\varphi}{4} (\varphi_1^2 - [\delta_x^2 + \delta_y^2]),$$

$$\alpha_1 = \delta_x \cos \varphi - \delta_y \sin \varphi \quad \text{und}$$

$$\alpha_2 = - \frac{\varphi_1^2}{2 \tan \alpha}.$$

$\varphi_2$  und  $\alpha_2$  sind kleine Korrekturen zweiter Ordnung. Der Neigungsmesser soll nun mit dem drehbaren Oberbau (Alhidade) des Theodoliten fest verbunden und es soll stets  $\varphi = 0$  sein (der Zielpunkt liegt in der  $(X, Z)$  - Ebene). Auch in diesem Fall sind jedem Zielpunkt P zwei Messwerte  $a, \alpha$  und zwei Korrekturwerte  $\delta_x, \delta_y$  zugeordnet, wobei

$a$  = Horizontalrichtung (mit beliebigem Nullpunkt),

$\alpha$  = Elevationswinkel bezogen auf die Gerätestandebene,

$\delta_x$  = Winkelabweichung der Gerätestandebene von der Horizontal-  
ebene gemessen in Zielrichtung,

$\delta_y$  = Winkelabweichung der Gerätestandebene von der Horizontal-  
ebene gemessen senkrecht zu  $\delta_x$ .

Mit  $a_0 = a + a_1 + a_2$  und  $\alpha_0 = \alpha + \alpha_1 + \alpha_2$  und  $\varphi = 0$  berechnet man  
daher für den Fall der ideal horizontalen Gerätestandebene horizontal-  
richtung und Elevationswinkel zu

$$a_0 = a + \delta_y \cdot \tan \alpha$$

$$\alpha_0 = \alpha + \delta_x - \frac{\delta_y^2}{2} \tan \alpha (\approx \alpha + \delta_x).$$

Als Vorrichtung zur Bestimmung der Horizontierungsfehler ist in Fig. 4  
schematisch ein starres Pendel 7 dargestellt. Es ist an der spannbandgelagerten  
Drehspule 9 eines Drehspulmesswerkes 8 senkrecht zur Drehachse hängend  
befestigt. Das Messwerk 8 ist mit einem Grundkörper 10 fest verbunden.  
An seinem unteren Ende ist dem Pendel 7 eine auf dem Körper 10 montierte  
Doppelfotodiode 11 zugeordnet, die durch eine schlitzförmige Oeffnung des  
Pendels hindurch von einer ebenfalls fest montierten Leuchtdiode 12 (nicht  
sichtbar) derart beleuchtet wird, dass ihr Ausgangssignal sich mit der  
Lage des Pendels ändert. Zur Kompensation von Lageänderungen der spann-  
bandgelagerten Achse der Spule 9 kann das Pendel nach oben durch einen  
massearmen Zeiger (nicht gezeigt) verlängert werden, dem diametral zu  
11, 12 ein zweites fotoelektrisches Ablesesystem zugeordnet ist. Die  
elektrischen Ausgangssignale der Ablesesysteme werden dann in passender  
Kombination summiert.

Eine mit 13 bezeichnete Elektronik umfasst einen Lageregelkreis an sich  
bekannter Art für das Pendel 7 und ist über die dargestellten Leitungen  
mit den Elementen 9, 11 und 12 verbunden. Die Relativlage der Drehspule

709810/0385



9 wird mit einem der Differenz der fotoelektrischen Signale von 11 entsprechenden Steuersignal auch bei Neigungsänderungen des Körpers 10 konstant gehalten derart, dass der Steuerstrom als Mass für die Neigung am Ausgang 14 von 13 vorliegt und/oder mit einer Neigungsanzeige 15 angezeigt wird. Falls es bei grösseren Neigungswinkeln erforderlich ist, kann man mit der Recheneinrichtung 3 (Fig. 1) berücksichtigen, dass das Signal am Ausgang 14 dem  $\sin$  des Neigungswinkels proportional ist.

Die Funktion der soweit beschriebenen Vorrichtung dürfte ohne weiteres klar sein.

Eine weitere erfindungsgemässe Vorrichtung zur zweikoordinatigen Neigungsmessung zeigt Fig. 5 . Eine zweikoordinatig empfindliche Schottky-Barrier (SB)-Diode 16 ist auf einer Basisplatte 17 montiert. Sie wird von einer Leuchtdiode 18 her über einen Flüssigkeitsspiegel 19 mit transparentem Glasboden und Anpassungsprisma 20 mit einem Lichtstrahl 21 beaufschlagt. Der Durchmesser des Strahles 21 ist klein gegen die lichtempfindliche Fläche der Diode 16, und die Lage des Auftreffpunktes ist von der Neigung der Platte 17 abhängig. Eine Elektronik 22 versorgt den Sender 18 und verarbeitet die Ausgangssignale der SB-Diode 16 über die dargestellten Leitungen. Sie steuert ferner Anzeigeeinrichtungen 23, 24 für die zwei Neigungskomponenten und stellt die Messignale für den Rechner 3 an den Ausgängen 25, 26 bereit. Weitere Einzelheiten der Ausführung wie Beleuchtungsoptik zwischen 18 und 16, Pulsbetrieb von 18, analog-digitale Aufbereitung und Zählung der Messignale usw. sind dem Fachmann evident, liegen aber gleichwohl mit im Bereich der Erfindung.

Die Funktion der beschriebenen Einrichtung beruht auf der stets waagerechten Einstellung des Flüssigkeitsspiegels 19. Der am Spiegel 19 total reflektierte Strahl 21 ist in seiner Relativlage durch die Kombination der vier Ausgangssignale der SB-Diode 16 bestimmt, und damit ist die Neigung der Vorrichtung bekannt.

Fig. 6 zeigt ein Schema einer Schaltung zur genauen Bestimmung der Lage eines Moiré-Musters. Ein derartiges Muster wird in an sich bekannter Weise für die elektrooptische Richtungsmessung mit fotoelektrischer Abtastung eines Teilkreises verwendet und entsteht durch geeignete vergrösserte oder verkleinerte Abbildung eines Teilungsausschnittes auf die diametrale Stelle des Teilkreises. Das Moirémuster besteht aus parallelen hellen und dunklen Streifen, die beim Durchdrehen des Winkels, d.h. des Teilkreises durchlaufen. Dabei wird ihre Anzahl mit einer hinreichend schnellen Zählenschaltung an sich bekannter Art abgezählt. Bruchteile von Moiréperioden müssen anschliessend richtig interpoliert werden. Diese Interpolation besitzt eine für die zeitliche Ausmittelung von Vibrationen und Rauschen geeignete Zeitkonstante. Mit Vorteil wird dazu eine dynamische Messmethode verwendet, da hierbei keine additiven Messfehler entstehen. Die Schaltung gemäss Fig. 6 arbeitet mit direkter elektrooptischer Abtastung des Moirémusters (vgl. TV-Abtastung). Dazu dient ein "Self-Scanned Photodiode-Array" 27, d.h. eine lineare Anordnung von beispielsweise 64 Fotodioden auf einem Halbleiterchip. Ein Generator 28 liefert zum seriellen Auslesen der Diodeninformationen über eine Videoleitung 29 extern ein 5 kHz-Signal, welches einen Monoflop 30 triggert. Das Videosignal läuft über einen Ladungsverstärker 31, einen Integrator

32 und eine Sample-Hold Schaltung 33, an deren Ausgang die örtliche Helligkeitsverteilung des Moirémusters als zeitliche Treppenkurve erscheint. Die Lage des Musters gegenüber der letzten Abtastdiode äussert sich in der zeitlichen Lage der Treppenkurve gegenüber dem Abtastpuls (end of scan) dieser Diode, der über eine Leitung 34 vom Array 27 ausgegeben wird.

Zur Messung dieser zeitlichen Lage dient eine analog-digitale Phase-locked-loop-Schaltung (PLL). Sie besteht unter anderem aus einem Zähler 35, der ein 62,5 kHz-Signal vom Generator 28 zählt und vom end-of-scan-Signal über Leitung 34 zurückgesetzt wird. Die Ausgänge des Zählers 35 und der Schaltung 33 sind mit den Eingängen eines Multiplikators 36 verbunden. Das entstehende Produktsignal gelangt über einen Tiefpass 37 und einen Spannungs-Frequenz-Wandler (VFO) 38 mit vorzeichenrichtigen Ausgängen auf einen Vor-Rückwärtszähler 39 mit angeschlossener Anzeige 40 .

Die Funktion dieser PLL-Schaltung kann kurz so beschrieben werden: Der Zähler 35 liefert am Ausgang ein Rechtecksignal gleicher Periodendauer wie das Videosignal am Ausgang von 33 . Mit dem Multiplikator 36 werden die Phasenlagen beider Signale verglichen, und die Phase des Rechtecksignals wird solange nach jeder Periode neu gesetzt, bis die beiden Signale  $90^\circ$  Phasenverschiebung haben. Die Verschiebung des Rechtecksignals von 35 gegenüber dem end-of-scan-Signal auf Leitung 34 steht digital am Zähler 39 zur Anzeige zur Verfügung. Im eingelaufenen Zustand der Schaltung ist diese Verschiebung gleich der Phasenverschiebung des

Moirémusters auf 27 gegenüber dem end-of-scan-Signal und damit gleich dem Interpolationswinkel. Im beschriebenen Ausführungsbeispiel ergibt sich ein maximaler digitaler Verschiebungswert 800 am Zähler 39, damit entspricht jeder Einzelschritt einem Winkel von  $1/4^{\text{cc}}$ .

Im Prinzip erzeugt die PLL-Schaltung also ein Rechtecksignal (Zähler 35), dessen Phase an die Phase des Treppensignales (S-H-Schaltung 33) fest angeschlossen ist.

Das Schema einer weiteren Schaltung zur Moiré-Abtastung zeigt Fig. 7. Hierbei wird das Moirémuster mit einem System 41 von vier Fotodioden 42, 43, 44, 45 in Reihe abgetastet, wobei jede Diode  $1/4$  Moiréperiode überdeckt. Die Grössen der fotoelektrischen Ausgangssignale der Dioden 42, 43, 44, 45 sind dann annähernd den Funktionen  $\sin$ ,  $\cos$ ,  $-\sin$ ,  $-\cos$  des Richtungswinkels  $\psi$  eines gegebenen Moiréstreifens proportional. Dem System 41 sind zwei Differenzverstärker 46, 47 zur Verarbeitung der Signale  $\sin \psi$ ,  $-\sin \psi$  und  $\cos \psi$ ,  $-\cos \psi$  nachgeschaltet. Die Ausgangssignale dieser Verstärker 46, 47 werden in Multiplikatoren 48, 49 mit einem 1 kHz-Signal  $\sin wt$  bzw.  $\cos wt$  von einem Generator 50 mit  $90^{\circ}$ -Phasenschieber 51 multipliziert, und die Produktsignale werden in einem Summierer 52 summiert. Ein Phasenmesser 53 mit Anzeige bestimmt aus dem Summensignal  $\cos (wt - \psi)$  von 52 und dem Referenzsignal  $\cos wt$  von 50 den Interpolationswinkel  $\psi$ .

Die Funktion dieser Interpolationsschaltung erklärt sich durch das Additionstheorem

$$\cos (wt - \psi) = \cos wt \cdot \cos \psi + \sin wt \cdot \sin \psi .$$

Die Summe der beiden Produktsignale der Multiplikatoren 48, 49 ergibt eine um den Interpolationswinkel  $\psi$  zum Signal  $\cos \omega t$  des Oszillators 50 phasenverschobene Schwingung  $\cos (\omega t - \psi)$ . Dieser Phasenwinkel wird im Phasenmesser 53 digitalisiert.

Im Blockschema gemäss Fig. 8 sind zwei Winkelgeber 60, 61 zum Erfassen von Horizontalrichtung (Azimut)  $\alpha$  und Höhenwinkel (Elevation)  $\alpha$  dargestellt. Von diesen Gebern erzeugte elektrische Winkelschritt-Impulse werden von nachgeordneten Inkrementalzählern 62, 63 vorzeichenrichtig aufsummiert. Aus Gründen möglichst einfacher Bedienung soll der Höhenwinkel direkt ohne nachträgliche Nullpunktkorrektur gemessen werden. Dies erfordert einen Nulldetektor 64 mit Nullmarke auf dem Vertikalkreis des Theodoliten, welche beim Schwenken des Fernrohrs durch die vertikale Geräteachse den Inkrementalzähler 63 automatisch auf 0 setzt.

Den Zählern 62, 63 sind Interpolatoren 65, 66 (z.B. gemäss Fig. 6 oder Fig. 7) zugeordnet, deren Zwischen-Messwerte in Addierern 67, 68 zu den Inkrementalsummen von 62, 63 addiert werden. Der Interpolationsnullpunkt  $0^{00}$  (0 neue Winkelsekunden) wird durch elektronische Justierung eingestellt. Der Horizontalkreis ist nicht mit einer Nullmarke ausgerüstet. Der Richtungswert eines jeden Zielpunktes kann jedoch durch Betätigen einer Nullstellschaltung 69 auf  $0^E 0^C 0^{00}$  gebracht werden.

Neben den Werten  $a$  und  $\alpha$  stellen Neigungsmesser 70, 71 (z.B. gemäss Fig. 4 oder Fig. 5) die Winkelabweichungen  $\delta_x$  und  $\delta_y$  der zu Fig. 3a erklärten Art in Form elektrischer Signale bereit. Aus diesen Messwerten berechnet eine Recheneinrichtung, beispielsweise in Form eines bekannten programmierbaren Microprocessors die korrigierten Richtungs- und Winkelwerte  $a_o$ ,  $\alpha_o$  gemäss den zu Fig. 3a erklärten Transformationsformeln. Dieser Prozess ist schematisch dargestellt durch eine Tangens-Funktionseinheit 72 zur Bildung von  $\text{tg } \alpha$ , einen Multiplizierer 73 zur Bildung von  $\delta_y \cdot \text{tg } \alpha$  und einen Addierer 74 zur Berechnung von

$$a_o = a + \delta_y \cdot \text{tg } \alpha ,$$

sowie durch einen zweiten Addierer 75 zur Berechnung von

$$\alpha_o = \alpha + \delta_x .$$

Diese Ergebnisse sind, zusammen mit den Neigungskomponenten  $\delta_x$ ,  $\delta_y$  in elektrischer Form einer Anzeigeeinheit 76 mit vier Fenstern 77, 78, 79, 80 zugeführt. Das erste Fenster 77 zeigt die korrigierte Horizontalrichtung  $a_o$ , das zweite den korrigierten Höhenwinkel  $\alpha_o$ , das dritte die Geräteneigung in Zielrichtung  $\delta_x$  und das vierte die Geräteneigung  $\delta_y$  senkrecht dazu an. Die Anzeige der Geräteneigung kann zum Feinjustieren der Horizontierung des Gerätes verwendet werden.

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

709810/0385

Patentansprüche

1. Vermessungsgerät, dessen Messwert - insbesondere Höhenwinkel oder Horizontalrichtung - von Horizontierungsfehlern bei der Aufstellung abhängig ist, insbesondere Theodolit, mit einer Vorrichtung zur Bestimmung von Horizontierungsfehlern des Gerätes, die mit dem Gerät fest verbindbar ist, gekennzeichnet durch eine Recheneinrichtung (3), welche aus dem Messwert und Horizontierungsfehler den Wert der korrigierten Messgrösse berechnet.
  
2. Vermessungsgerät nach Patentanspruch 1, 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 Steuerstrom für eine Lageregelschaltung eines drehspulgetriebenen Pendels als Mass für den Horizontierungsfehler dient und dass die Recheneinrichtung (3) aus den vorliegenden Signalgrössen die korrigierte Richtung automatisch berechnet und digital anzeigt.
  
3. Vermessungsgerät nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Horizontierungsfehler durch das Ausgangssignal einer Schottky-Barrier-Diode bestimmt ist, welche gerätefest montiert ist und mit einem, an einer Flüssigkeitsoberfläche reflektierten Lichtstrahl beaufschlagt wird.
  
4. Vermessungsgerät nach Patentanspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehspule für das Pendel spannbandgelagert ist.

5. Vermessungsgerät nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Recheneinrichtung (3) den unkorrigierten Messwert, den Horizontierungsfehler und die korrigierte Messgrösse digital anzeigt.
  
6. Vermessungsgerät nach Patentanspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Moirémuster durch einen Self-Scanned-Photodiode-Array abgetastet, das Abtastsignal von einem Ladungsverstärker, einem Integrator und einer Sample-Hold-Schaltung verarbeitet und dessen Signalphase durch eine analog-digitale Phase-Locked-Loop-Schaltung (PLL) bestimmt wird.
  
7. Vermessungsgerät nach Patentanspruch 2 oder 3 bei dem das Moirémuster mit vier nebeneinanderliegenden, je  $\frac{1}{4}$  - Moiréperiode überdeckenden fotoelektrischen Empfängern abgetastet, jedes elektrische Signal verstärkt, zwischen zwei gegenphasigen Signalen je ein Differenzsignal (sin/cos-Signal) gebildet und jedes Differenzsignal in Rechteckform gebracht wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Differenz-Sinussignal und das Differenz-Cosinussignal jeweils mit dem Sinus- bzw. Cosinussignal eines Clockoszillators multipliziert, aus den beiden Produktsignalen die Summe gebildet und die Phasendifferenz zwischen der Summe und einem Signal des Clockoszillators mit einem Phasenmesser bestimmt wird.
  
8. Vermessungsgerät nach einem der Patentansprüche 1 oder 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Horizontierungsfehler durch zwei voneinander unabhängige, je eine Neigungskomponente des Gerätes erfassende <sup>(en)</sup> Vorrichtung bestimmt wird.



9. Vermessungsgerät nach Patentanspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Horizontierungsfehler durch zwei voneinander unabhängige, je einer Neigungskomponente des Gerätes entsprechende Ausgangssignale der Schottky-Barrier-Diode bestimmt ist.

17  
Leerseite

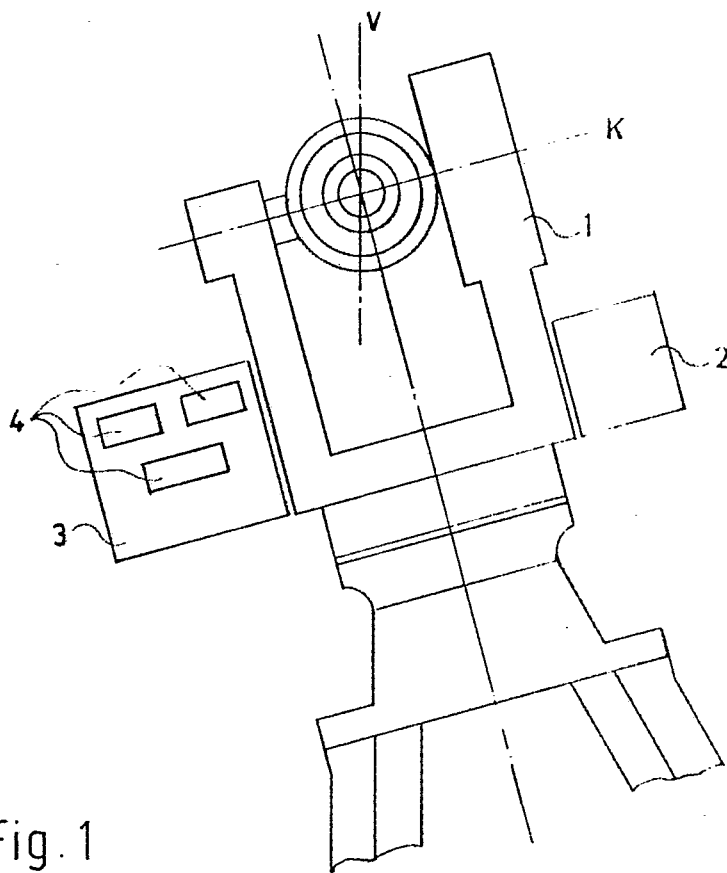


Fig. 1

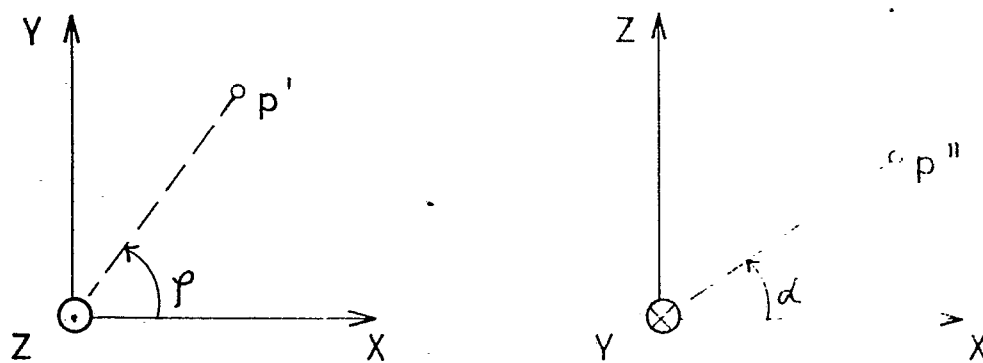


Fig. 3a

G01C

1-02

AT:27.08.1976

OT:10.03.1977

Fig. 2a

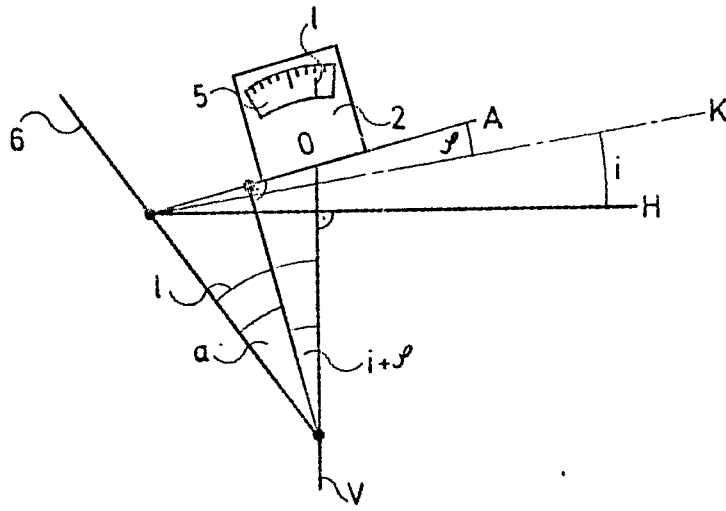


Fig. 2b

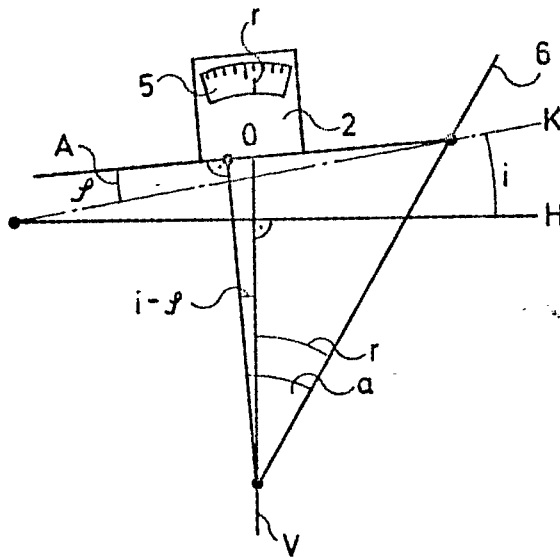


Fig. 3

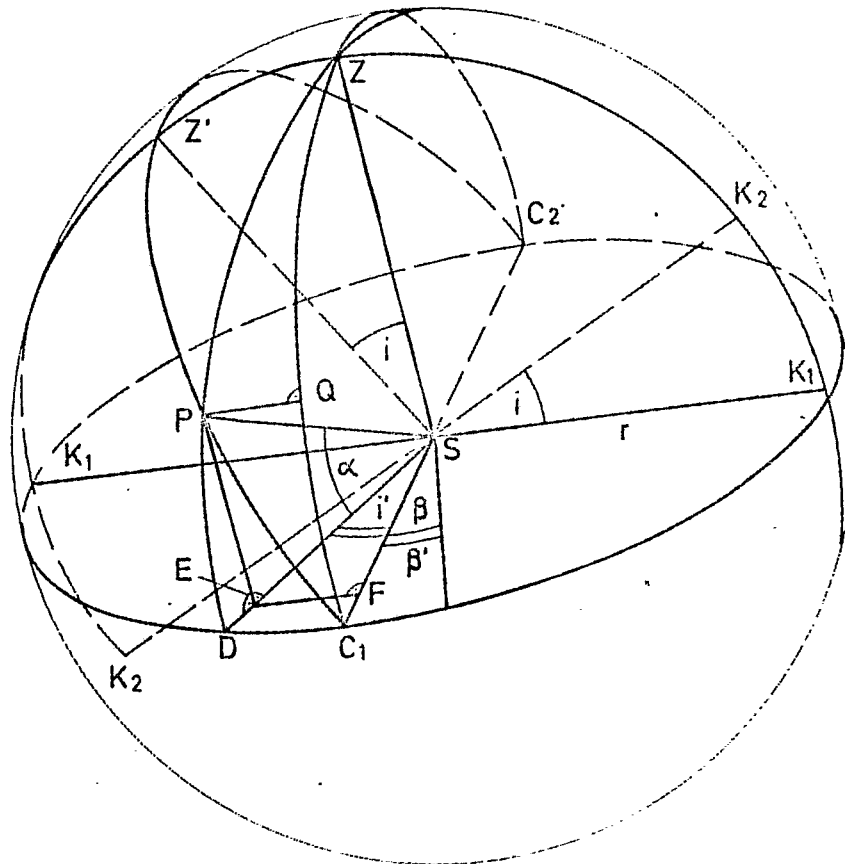


Fig.4

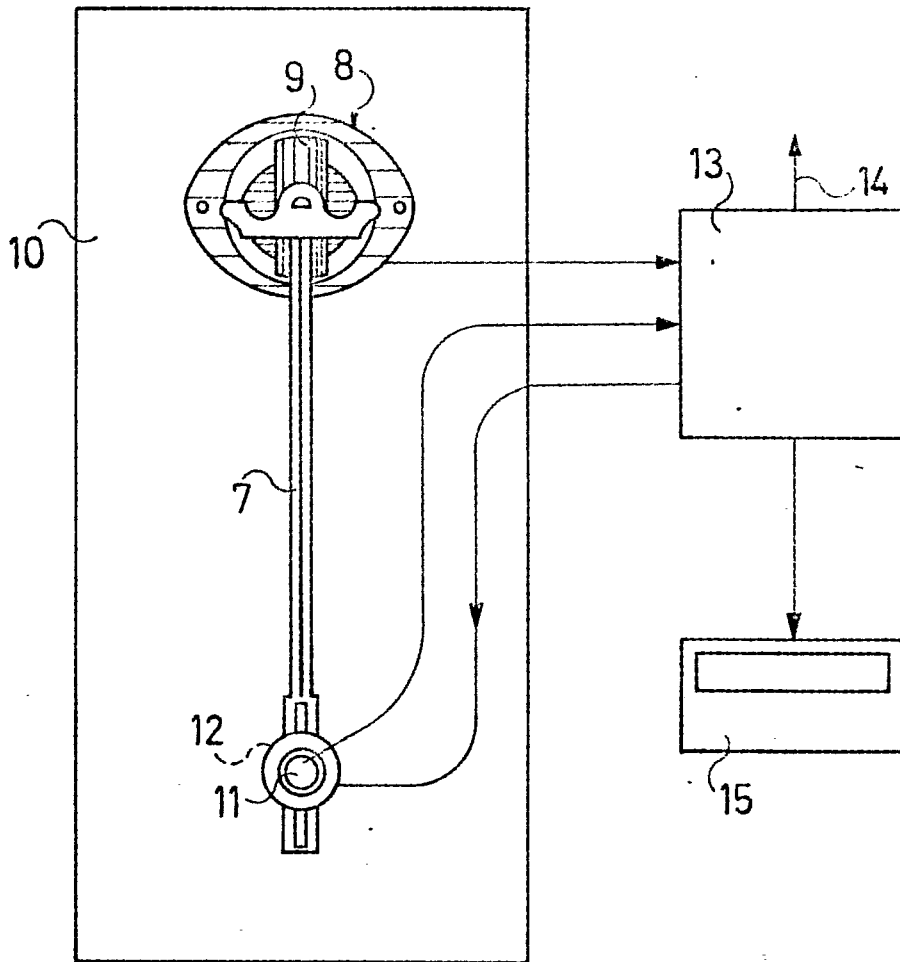
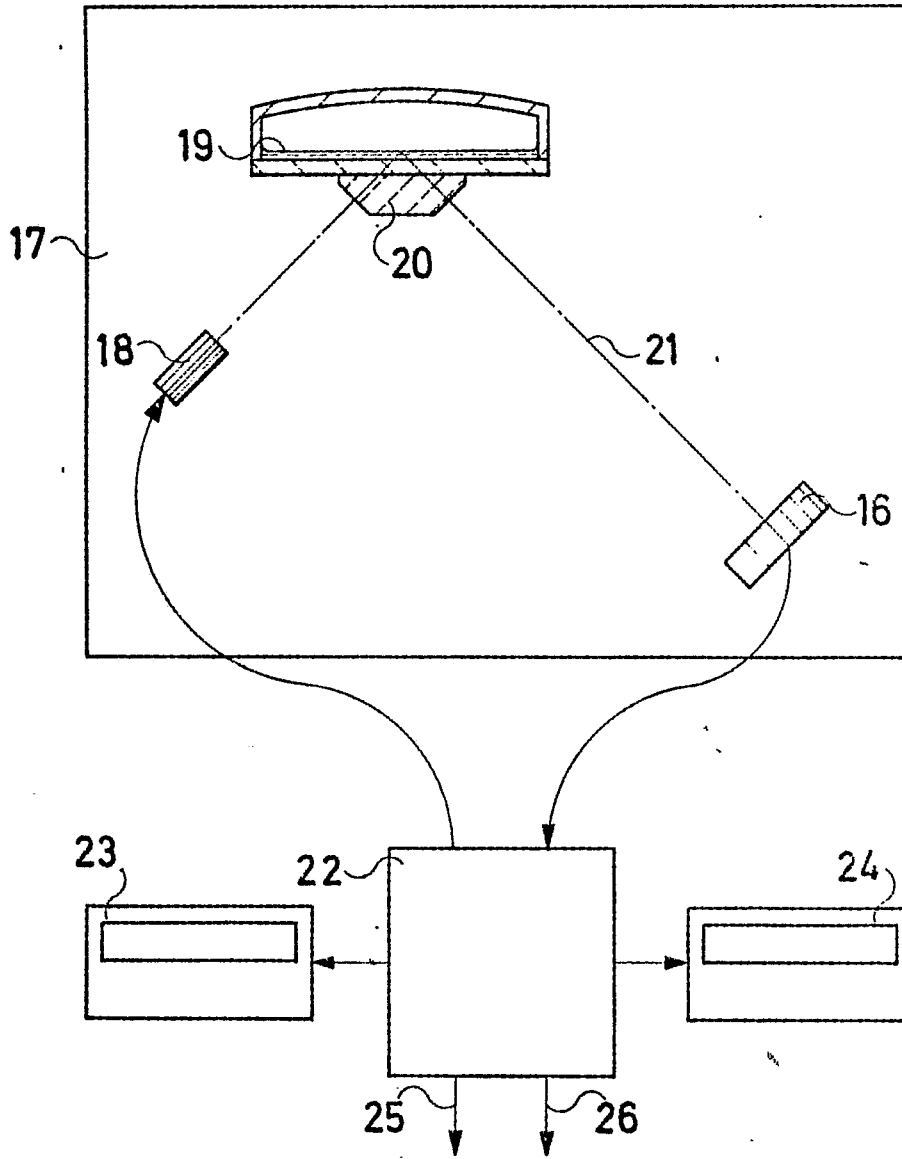


Fig. 5



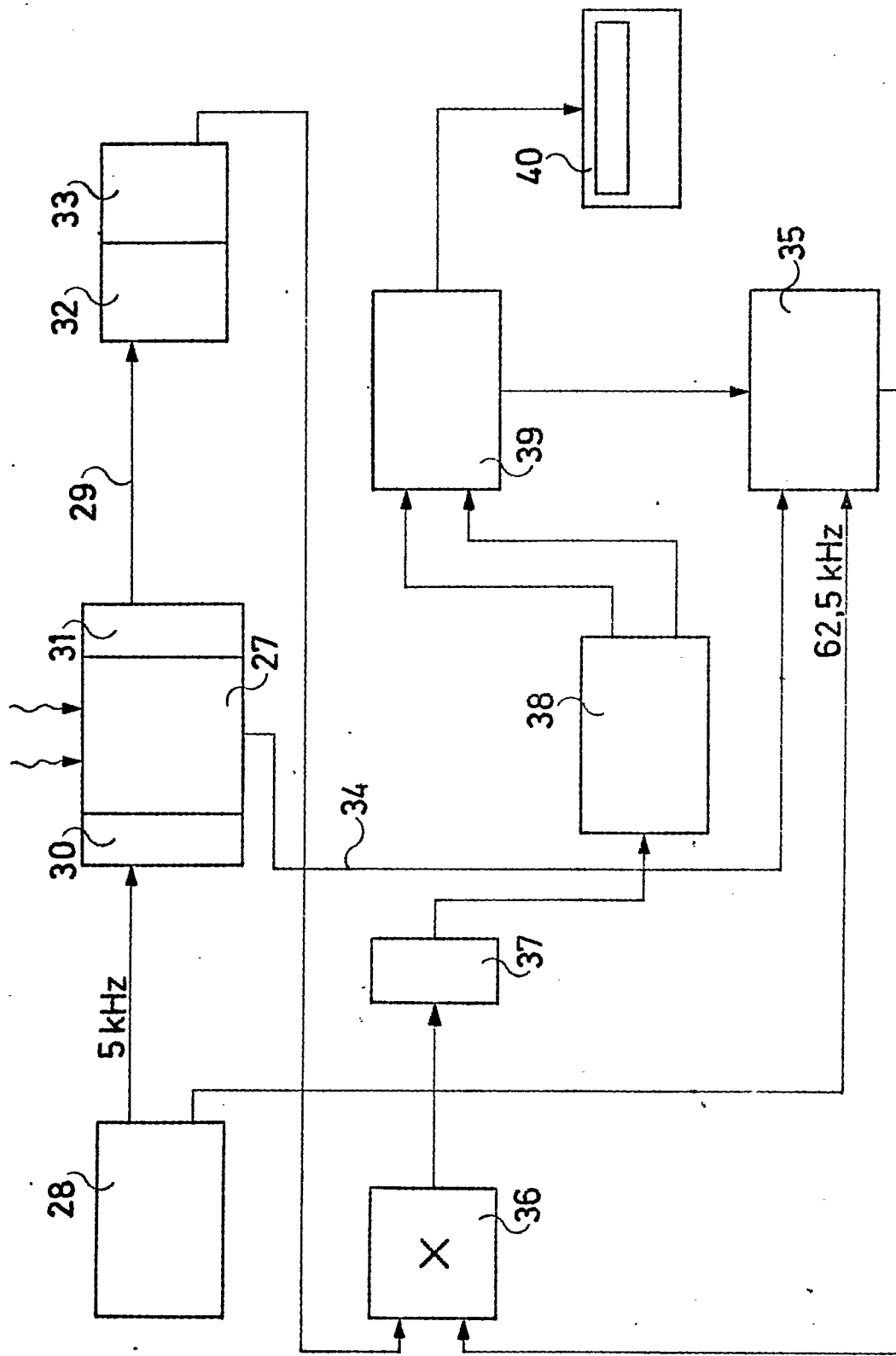
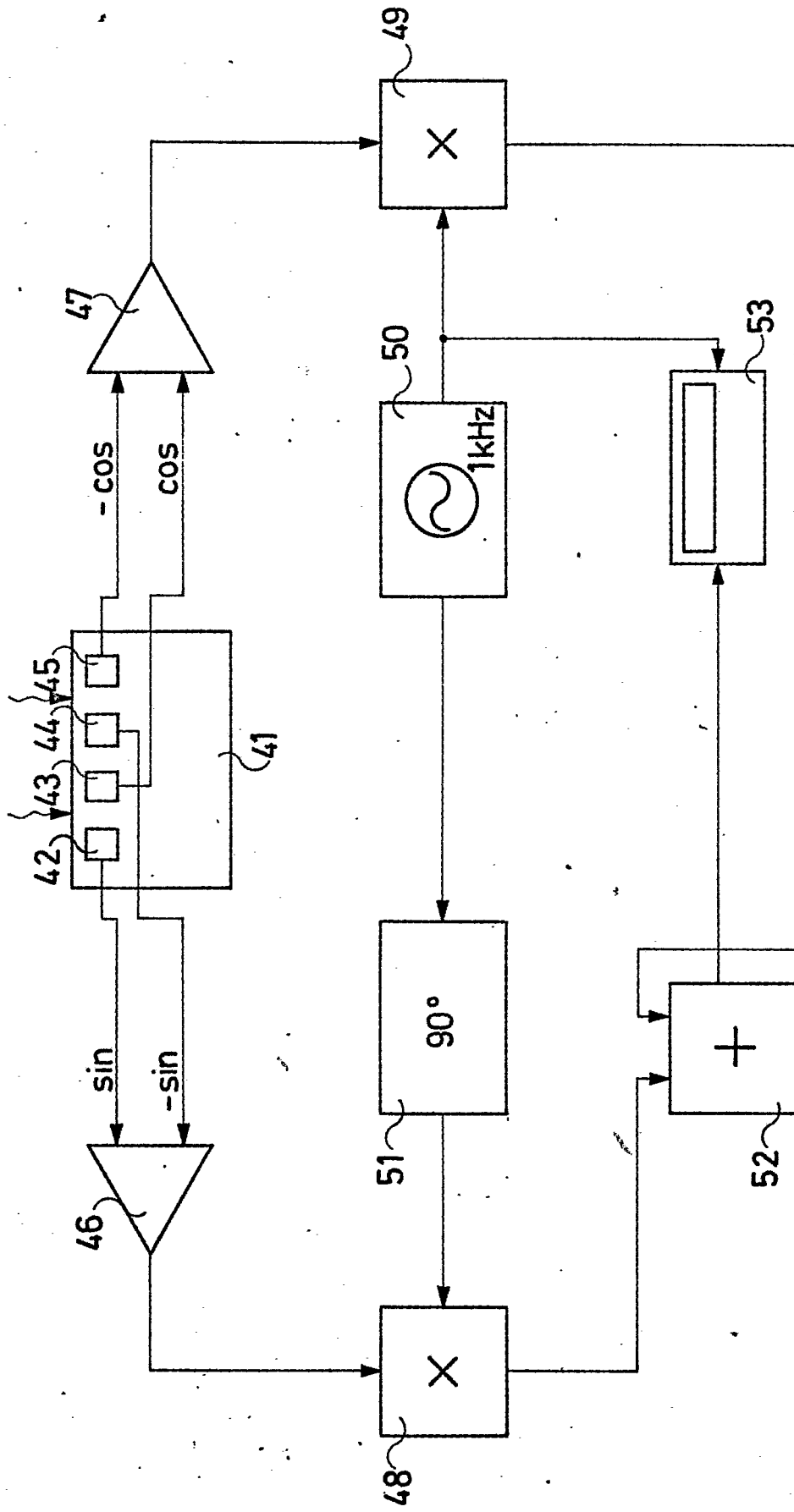


Fig.6



Fig.7



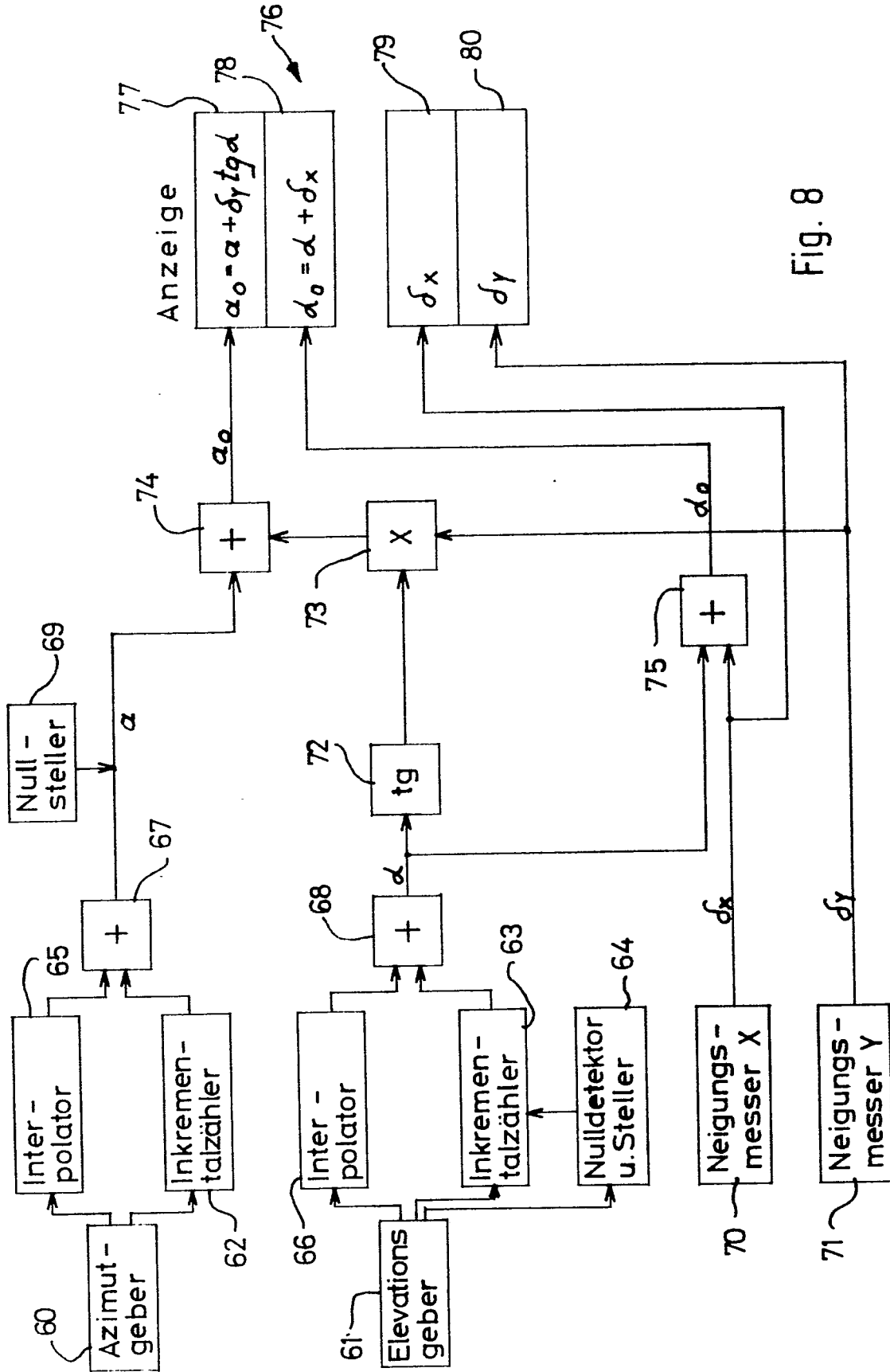


Fig. 8