



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT** A5

(21) Gesuchsnummer: 1965/92

(73) Inhaber:
J. Müller AG, Effretikon

(22) Anmeldungsdatum: 22.06.1992

(72) Erfinder:
Jäger, Heinz, Volketswil

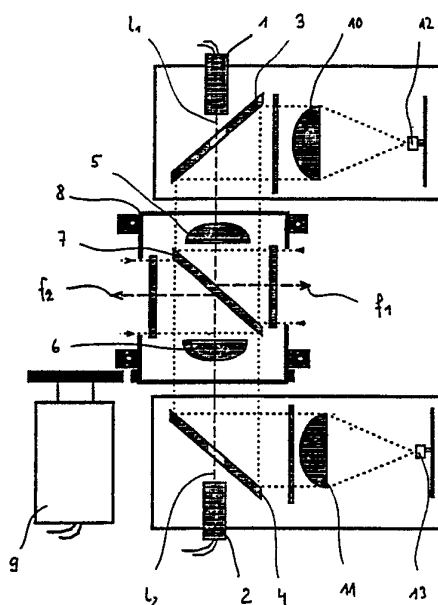
(24) Patent erteilt: 30.06.1994

(45) Patentschrift
veröffentlicht: 30.06.1994

(74) Vertreter:
Troesch Scheidegger Werner AG, Zürich

(54) **Verfahren zur Messung von relativen Winkeln.**

(57) Das Verfahren zur Messung der Winkel zwischen einer Messplattform (M) und Messpunkten (A, B) sieht wenigstens einen zu einem ebenen Band aufgefächerten Lichtstrahl (f_1, f_2) vor. Dieser Lichtfächer wird um eine Achse der Messplattform (M) verschwenkt. Durch an den Messpunkten (A, B) angebrachte Reflektionsmittel wird Licht zur Messplattform (M) zurückgespiegelt, sobald der Lichtfächer (f_1, f_2) auf diese Reflektionsmittel trifft. In der Messplattform (M) sind Zähler vorgesehen, welche jeweils laufend bis zum Eintreffen eines Reflektionssignales in der Messplattform (M) zählen. Dabei stoppt das jeweils nächste Reflektionssignal den nächsten vorgesehenen Zähler. Ein Zähler ist vorgesehen, während des gesamten, vordefinierten Winkelbereiches, in welchem die Messpunkte zu erfassen sind, mit demselben Zähltakt zu zählen. Aus den Verhältnissen der durch die Reflektionssignale gestoppten Zählerstände zum Zählerstand des durchzählenden Zählers wird der Winkelwert (α, β) des entsprechenden Messpunktes (A, B) errechnet. Vorzugsweise sind zwei in vorzugsweise rechtem Winkel zueinanderstehende Lichtfächer (f_1, f_2) vorgesehen.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung der relativen Winkel zwischen einer Referenzrichtung einer Messplattform und davon entfernten Messpunkten mittels von der Messplattform ausgehenden Lichtstrahlen, welche mittels an den Messpunkten angebrachten Reflektionsmitteln zur Messplattform zurückgespiegelt werden und von an der Messplattform vorgesehenen Empfangsmitteln empfangen und verarbeitet werden.

Beispielsweise werden für die Bestimmung der Position einer Messplattform bezüglich Referenzpunkten mit bekannten Positionen die Distanzen zwischen der Messplattform und den Referenzpunkten vermessen. Daraus lässt sich die Position der Messplattform bestimmen. Anstelle der Messung der Distanzen kann auch die Winkellage der Messplattform in bezug auf die Referenzpunkte vermessen werden. Diese führt aufgrund eines Vermessungsplanes ebenfalls zur Bestimmung der Position der Messplattform. Diese Winkel können sowohl von der Messplattform oder jeweils von den einzelnen Referenzpunkten aus gemessen werden. Üblicherweise werden dabei die Winkel gegenüber einer definierten Referenzrichtung gemessen. Für die Messung dieser Relativwinkel wird herkömmlicherweise häufig ein manuell zu bedienendes optisches Winkelmessgerät verwendet.

Für die automatisierte Messung dieser Relativwinkel sind Verfahren und Einrichtungen bekannt, welche mit Hilfe von Lichtsendern an der Messplattform und Reflektoren an den Referenzpunkten arbeiten. Dabei wird herkömmlicherweise ein gebündelter Lichtstrahl auf den Referenzpunkt ausgerichtet, wobei dann die Ausrichtung dieses Lichtstrahls direkt den gesuchten Relativwinkel gegenüber der Referenzrichtung darstellt. Anhand eines bestehenden Vermessungsplanes kann danach die Position der Messplattform bestimmt werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht nun darin, ein einfaches Verfahren zur Messung von Relativwinkeln zu finden, das weitestgehend automatisiert abläuft und schnell und genau diese Relativwinkel bestimmen kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass der ausgehende Lichtstrahl optisch zu einem ebenen Band aufgefächert wird, und dieses Band um eine Achse der Messplattform in einem vorbestimmten Winkelbereich verschwenkt wird, wobei in einer Auswertungseinrichtung der Messplattform mehrere Zähler vorgesehen sind, wovon einer vom Beginn des Winkelbereiches bis zu dessen Ende mit einem Zähltakt betrieben wird, und die anderen beim Beginn des Winkelbereiches mit demselben Zähltakt zu zählen beginnen, und jeweils nacheinander beim Empfangen des jeweils nächstfolgenden Reflektionssignales von einem Messpunkt mit Zählen stoppen, und dass aus den Zählerstandverhältnissen zwischen dem Zähler des Winkelbereiches und den anderen Zählern die relativen Winkelpositionen zwischen dem Beginn des Winkelbereiches der Messplattform und den Messpunkten berechnet werden.

Durch die Auffächerung des Lichtstrahles wird

nur noch ein Umgang dieses Lichtfächers beispielsweise um eine vertikale Achse benötigt, um Reflektionssignale von Messpunkten innerhalb der Fächerbreite zu erhalten. Herkömmlicherweise musste der Lichtstrahl dafür genau auf das Reflektionsmittel ausgerichtet werden. Für die meisten Anwendungen sind die entsprechenden Messpunkte auch in einem relativ schmalen horizontalen Band, von der Messplattform aus betrachtet, positioniert. Indem für die Bestimmung des Winkels das Verhältnis von Zählerständen verwendet wird, ist der daraus erhaltene Winkelwert nicht von der Umgangsgeschwindigkeit des Lichtstrahles abhängig. Daraus resultieren sehr genaue Winkelmessungen.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass zwei um dieselbe Achse der Messplattform verschwenkbare, fächerförmige Lichtstrahlen vorgesehen sind, welche vorzugsweise in einem rechten Winkel zueinander ausgerichtet sind, und dass für jeden dieser Lichtstrahlenfächer eine eigene Zählergruppe vorhanden ist, und aus den Zählerständen die relativen Winkelpositionen der Messpunkte bezüglich der Referenzrichtung berechnet werden. Durch die Verwendung von zwei Fächern mit unterschiedlicher Winkelstellung bezüglich der Drehachse können die zwei Winkel der Messpunkte sowohl bezüglich der Referenzrichtung in der zur Drehachse der Messplattform senkrecht stehenden Ebene wie auch der Winkel bezüglich der Drehachse selbst bestimmt werden. Durch diese Winkelangaben kann die Position der Messplattform bezüglich der Messpunkte genau bestimmt werden.

Eine weitere, bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass nur bestimmte, aufgrund grober Vorausbestimmung der Messpunktstandorte auszuwählende Winkelbereiche für die Erfassung der Messpunkte vorgesehen werden. Damit können Mehrdeutigkeiten, welche beim Vorhandensein von mehr als einem Messpunkt auftreten, ausgeschlossen werden. Beispielsweise kann der Winkelbereich bereits beim Erfassen eingeschränkt werden, indem nur im ausgewählten Winkelbereich reflektierte Signale akzeptiert werden, wobei insbesondere diese Winkelbereiche für einzelne Zähler speziell definiert sein können, oder aber es werden diese Winkelbereiche erst bei der Auswertung der Winkelmessung berücksichtigt. Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die auszuwählenden Winkelbereiche in einem Speicherbaustein in der Messplattform gespeichert werden. Damit stehen diese Daten für eine automatische Auswertung, beispielsweise mittels eines Computers, zur Verfügung.

Weiter ist erfindungsgemäss eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens vorgesehen, welche einen Lichtsender, einen um eine Achse drehbaren Umlenkspiegel und eine zwischen dem Lichtsender und dem Umlenkspiegel angeordnete Fächerlinse, sowie einen weiteren, mit einer Öffnung für den Lichtstrahl des Lichtsenders versehenen, feststehenden Umlenkspiegel und ferner einen lichtempfindlichen Sensor, welcher mit Zähl- resp. Auswertungsmitteln verbunden ist, aufweist. Als einziges bewegliches Teil ist hier der drehbare Umlenkspiegel vorgesehen. Dies bedeu-

tet, dass nur eine verhältnismässig kleine Masse bewegt werden muss, was sich positiv auf die Messgenauigkeit auswirkt. Bevorzugterweise werden Laserlichtsender eingesetzt.

Eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass zwei Lichtsender vorgesehen sind, welche derart angeordnet sind, dass die aufgefächerten Lichtstrahlen der beiden Lichtsender je auf eine Seite des drehbaren Umlenkspiegels, der beidseitig verspiegelt ist, auftreffen, und dass der Umlenkspiegel vorzugsweise in einem Winkel von 45° zu seiner Drehachse geneigt angebracht ist. Diese Anordnung erlaubt eine präzise Messung des relativen Winkels der Verbindung der Messplattform zu einem Messpunkt bezüglich der Referenzrichtung und daraus die genaue Positionsbestimmung der Messplattform, beispielsweise anhand eines Vermessungsplanes.

Die vorliegende Erfindung eignet sich bevorzugterweise besonders vorteilhaft für die Vermessung von Geleisen. Dabei werden die Reflektionsmittel an den dafür vorgesehenen Stellen am Geleiserand angebracht und die Messplattform wird auf einem Vermessungswagen positioniert. Die Bestimmung der Lage der Messplattform bezüglich des Horizonts erfolgt in bekannter Weise, wogegen die Winkel zu den Messpunkten erfindungsgemäss gemessen werden. Anhand eines für die Geleise vorhandenen Vermessungsplanes kann danach die Position der Messplattform und damit der Geleise bestimmt werden. Der grosse Vorteil liegt insbesondere in einer kontinuierlichen Messung, welche mit herkömmlichen Mitteln praktisch nicht realisiert werden konnte.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachstehend anhand von Zeichnungen noch näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 die Aufsicht auf eine Messanordnung mit Messplattform und zwei Messpunkten;

Fig. 2 die Seitenansicht von Fig. 1;

Fig. 3 die Aufsicht auf eine Messanordnung mit zwei Lichtfächern;

Fig. 4 die schematische Auswertung der Messung nach Fig. 3;

Fig. 5 den schematischen Querschnitt durch ein erfindungsgemässes Winkelmessgerät.

Zuerst wird das Prinzip des erfindungsgemässen Verfahrens anhand der Messung mit einem Lichtfächer dargestellt. Ausgegangen wird von einer Messplattform M, für welche ein Winkelbereich zur Messung von 0° bis 180° bestimmt worden ist, wobei die Referenzrichtung R auch gerade den Winkelbereich-Beginn darstellt. Innerhalb des Winkelbereiches seien zwei Messpunkte A und B mit Reflektionsmitteln angeordnet, wie in Fig. 1 in der Aufsicht schematisch dargestellt. Der Lichtstrahlfächer 1 wird um eine senkrechte Achse durch die Messplattform M im Gegenurzeigersinn verschwenkt. Dabei ist hier beispielsweise der Lichtfächer derart aufgefächert, dass die Fächerebene parallel zur Drehachse ausgerichtet ist. Die Fächerbreite ist in der Seitenansicht von Fig. 2 durch gestrichelte Linien ange-

deutet. Wenn der Lichtfächer die Referenzrichtung R passiert, beginnen ein Zähler Z₁ sowie zwei weitere Zähler Z₂ und Z₃ mit einem vorbestimmten, konstanten Zähltakt zu zählen. Sobald der Lichtfächer um den Winkel α verschwenkt wurde, wird Licht durch den Messpunkt A reflektiert und damit der Zähler Z₂ angehalten. Sobald nun der Lichtfächer 1 weiter bis zum Winkel β verschwenkt wird, wird auch der Zähler Z₃ aufgrund der Reflektion durch den Messpunkt B angehalten. Am Ende des Winkelbereiches, hier bei 180°, wird der Zähler Z₁ schliesslich ebenfalls angehalten. Selbstverständlich können noch weitere Zähler in der Messplattform M vorhanden sein, um eine grössere Anzahl von Messpunkten auszuwerten. Aus den Verhältnissen der Zählerstände von Z₁ und Z₂, resp. Z₁ und Z₃ und dem vorbestimmten Winkelbereich lassen sich die Winkel α und β genau bestimmen:

$$\alpha = 180^\circ \cdot \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$\text{resp.} \quad \beta = 180^\circ \cdot \frac{Z_3}{Z_1}$$

Dabei ist die Genauigkeit unabhängig von der Umdrehungsgeschwindigkeit des Lichtfächers 1. Wenn beispielsweise der Zähltakt 180 000/sek beträgt und die Umdrehungsgeschwindigkeit der Lichtfächer 0,5 Umdrehungen / sek beträgt, so wäre der Zählerstand des Zählers Z₁ idealerweise 180 000. Wenn sich nun die Umdrehungszahl leicht ändert, so dass beispielsweise der Zählerstand des Zählers Z₁ nur noch 160 000 beträgt, so würden sich auch die Zählerstände der Zähler Z₂ und Z₃ im gleichen Verhältnis ändern und die errechneten Winkelwerte bleiben gleich.

Da die Taktfrequenz üblicherweise durch elektronische Bausteine erzeugt wird, welche mit sehr hoher Genauigkeit arbeiten, ist die Genauigkeit dieses Messverfahrens sehr hoch. Die Drehzahlschwankungen des Lichtfächers können damit praktisch vollständig kompensiert werden.

Aus den Fig. 1 und 2 wird klar, dass, mit nur einem Lichtfächer, nur derjenige, in der zur Drehachse senkrecht aufgespannten Ebene mit der Messplattform als Zentrum liegende Winkel gemessen werden kann.

Für Anwendungen, welche den vollständigen relativen Winkel benötigen, können erfindungsgemäss zwei Lichtfächer vorgesehen werden, welche vorzugsweise in einem rechten Winkel zueinander stehen. Eine derartige Anordnung ist in Fig. 3 schematisch mit denselben Messpunkten A und B wie in den Fig. 1 und 2 dargestellt. Ein Lichtfächer 11, der um einen Winkel von 45° gegenüber der Horizontalebene gekippt ist, wird wieder, wie vorgängig beschrieben, um die Achse der Messplattform im Gegenurzeigersinn verschwenkt. Beim Erreichen des Winkels α₁ wird vom Messpunkt A ein Teil des

Lichtes zurückgestrahlt und damit der betreffende erste Zähler Z_2 angehalten. In Fig. 3 ist dabei die Schnittlinie des Lichtfächers l_1 mit der Horizontalebene mit einer durch Kreuze unterbrochenen Linie dargestellt. Beim Erreichen des Winkels α_2 wird demgemäss vom Messpunkt B Licht zurückreflektiert und der nächste Zähler Z_3 angehalten. Nun wird noch ein zweiter Lichtfächer l_2 um dieselbe Achse in derselben Richtung verschwenkt. Dies kann gleichzeitig oder zeitlich versetzt erfolgen. Dieser Lichtfächer steht vorzugsweise in einem rechten Winkel zur Ausrichtung des ersten Lichtfächers l_1 . Vorteilhafterweise folgt der zweite Lichtfächer l_2 mit einem Abstand von 180° dem Lichtfächer l_1 . Hierbei erfolgen die Reflektionen von den Messpunkten A und B bei den Winkelstellungen β_1 und β_2 des Lichtfächers l_2 . Diese Positionen werden ebenfalls mit drei weiteren Zählern Z_4 bis Z_6 , wie vorgängig beschrieben, erfasst.

Die Auswertung dieser Winkelstellungen ist nun graphisch in Fig. 4 dargestellt. Die Messpunkte stellen graphisch die Schnittpunkte der Lichtfächerlinien l_1 und l_2 dar, welche jeweils bei einem empfangenen Reflektionssignal in die Grafik eingetragen werden. Weil nun bei mehr als einem vorhandenen Messpunkt mehr Schnittpunkte dieser Linien entstehen, als effektiv Messpunkte vorhanden sind, müssen diese überzähligen Fehlstellen eliminiert werden. Dies erfolgt vorzugsweise dadurch, dass nur in zu bestimmenden Winkelbereichen solche Schnittpunkte zugelassen werden. Diese Winkelbereiche werden aufgrund einer groben Vorausbestimmung der Lage dieser Messpunkte festgelegt. Beispielsweise bei der Vermessung von Geleisen wird hierzu der dazugehörige Vermessungsplan verwendet, in welchem die Standorte der Messpunkte eingetragen sind.

Statt die Messpunkte aufgrund der Winkelstellungen zu klassifizieren (Basis: Grobplan), kann dies auch nach deren Entfernung zur Messplattform erfolgen, indem nach Intensität des reflektierten Lichtes selektiert wird.

Die gesamte Auswertung kann beispielsweise mittels eines Computers erfolgen, wobei die grobe Vorausbestimmung der Lage der Messpunkte beispielsweise in einem Speicher für die Auswertung zur Verfügung stehen kann.

Durch das erfindungsgemässe Verfahren ist es insbesondere auch möglich, die Winkelmessungen von einer sich ständig bewegendenden Messplattform aus kontinuierlich durchzuführen. Dies ist gerade bei der erwähnten Vermessung von Geleisen, beispielsweise bei Reparatur- oder Erneuerungsarbeiten, von sehr grossem Vorteil.

Als Lichtquelle wird vorzugsweise ein Laserlichtsender verwendet. Dadurch kann auch mit verhältnismässig kleinem Energiebedarf eine genügende Reflektionsleistung auch bei grösseren Distanzen erzielt werden. Vorteilhafterweise werden in der entsprechenden Optik Filter zur Ausscheidung von Störsignalen vorgesehen, welche durch Sonnenlichtblendungen hervorgerufen werden können.

Ein schematischer Querschnitt durch ein erfindungsgemässes Winkelmessgerät, welches zwei Lichtfächer für die Messung verwendet, ist in Fig. 5

dargestellt. Darin sind zwei Lichtsender 1 und 2, vorzugsweise Laserlichtsender, vorgesehen, welche jeweils einen gebündelten Lichtstrahl 11 und 12 aussenden. Die Lichtstrahlen gelangen durch Öffnungen in den Umlenkspiegeln 3 und 4 auf die Fächerlinsen 5 und 6. Diese Fächerlinsen 5, 6 sind als Zylinderlinsen ausgebildet und fächern die gebündelten Lichtstrahlen 11 und 12 zu ebenen Lichtbändern f_1 und f_2 auf. Dabei sind die beiden Fächerlinsen in einem rechten Winkel zueinander ausgerichtet, so dass die beiden Lichtbänder f_1 und f_2 ebenfalls in einem rechten Winkel zueinander stehen. Über einen beidseitig verspiegelten Umlenkspiegel 7 werden die Lichtbänder um 90° abgelenkt und treten aus dem Gehäuseteil 8 des Winkelmessgerätes aus. Das Gehäuseteil 8 ist mittels eines Antriebsmotores 9 rotierbar. Damit können die Lichtbänder f_1 und f_2 ständig in Umlauf gehalten werden. Die Breite der Lichtbänder ist sowohl durch die Fächerlinse wie auch durch die Gehäuseabmessungen beschränkt, wird aber so gross gehalten, dass alle zu erfassenden Messpunkte damit abgedeckt werden können. Ein von den Messpunkten reflektiertes Signal tritt in das Gehäuseteil 8 ein und wird über die beiden Umlenkspiegel 7 und 3 resp. 4 auf die Sammellinsen 10 resp. 11 umgelenkt, welche das Signal auf die lichtempfindlichen Sensoren 12 resp. 13 fokussieren. Diese Sensoren liefern schliesslich das Signal zum Anhalten der Zähler, wie vorgängig beschrieben. Im Lichtgang sind noch verschiedene Filter vorgesehen, um Fehlinterpretationen von Störsignalen, beispielsweise hervorgerufen durch Sonnenblendungen, zu vermeiden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung der relativen Winkel zwischen einer Referenzrichtung einer Messplattform (M) und davon entfernten Messpunkten (A, B) mittels von der Messplattform ausgehenden Lichtstrahlen (1), welche mittels an den Messpunkten angebrachten Reflektionsmitteln zur Messplattform zurückgespiegelt werden und von an der Messplattform vorgesehenen Empfangsmitteln empfangen und verarbeitet werden, dadurch gekennzeichnet, dass der ausgehende Lichtstrahl optisch zu einem ebenen Band (1) aufgefächert wird und dieses Band um eine Achse der Messplattform in einem vorbestimmten Winkelbereich verschwenkt wird, wobei in einer Auswertungseinrichtung der Messplattform mehrere Zähler vorgesehen sind, wovon einer vom Beginn des Winkelbereiches (R) bis zu dessen Ende mit einem Zähltakt betrieben wird und die anderen beim Beginn des Winkelbereiches (R) mit demselben Zähltakt zu zählen beginnen, und jeweils nacheinander beim Empfangen des jeweils nächstfolgenden Reflektionssignales von einem Messpunkt (A, B) mit Zählen stoppen, und dass aus den Zählerstandverhältnissen zwischen dem Zähler des Winkelbereiches und den anderen Zählern die relativen Winkelpositionen (α , β) zwischen dem Beginn des Winkelbereiches der Messplattform (M) und den Messpunkten (A, B) berechnet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-

- zeichnet, dass zwei um dieselbe Achse der Messplattform verschwenkbare, fächerförmige Lichtstrahlen (l_1, l_2) vorgesehen sind, welche vorzugsweise in einem rechten Winkel zueinander ausgerichtet sind, und dass für jeden dieser Lichtstrahlenfächer (l_1, l_2) eine eigene Zählergruppe vorhanden ist und aus den Zählerständen die relativen Winkelpositionen ($\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2$) der Messpunkte bezüglich der Referenzrichtung (R) berechnet werden. 5
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass nur bestimmte, aufgrund grober Vorausbestimmung der Messpunktstandorte auszuwählende Winkelbereiche und/oder Entfernungsbereiche für die Erfassung der Messpunkte vorgesehen werden. 10 15
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die auszuwählenden Winkelbereiche in einem Speicherbaustein in der Messplattform gespeichert werden.
5. Messeinrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Lichtsender (1, 2), einen um eine Achse drehbaren Umlenkspiegel (7) und eine zwischen dem Lichtsender und dem Umlenkspiegel angeordnete Fächerlinse (5, 6) sowie einen weiteren, mit einer Öffnung für den Lichtstrahl des Lichtsenders versehenen, feststehenden Umlenkspiegel (3, 4) und ferner einen lichtempfindlichen Sensor (12, 13), welcher mit Zähl- resp. Auswertungsmitteln verbunden ist, aufweist. 20 25 30
6. Messeinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass als Lichtsender (1, 2) ein Laserstrahlsender vorgesehen ist.
7. Messeinrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Lichtsender (1, 2) vorgesehen sind, welche derart angeordnet sind, dass die aufgefächerten Lichtstrahlen (f_1, f_2) der beiden Lichtsender je auf eine Seite des drehbaren Umlenkspiegels (7), der beidseitig verspiegelt ist, auftreffen und dass der Umlenkspiegel (7) vorzugsweise in einem Winkel von 45° zu seiner Drehachse geneigt angebracht ist. 35 40
8. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 für die Vermessung von Geleisen. 45

50

55

60

65

5

Fig. 1

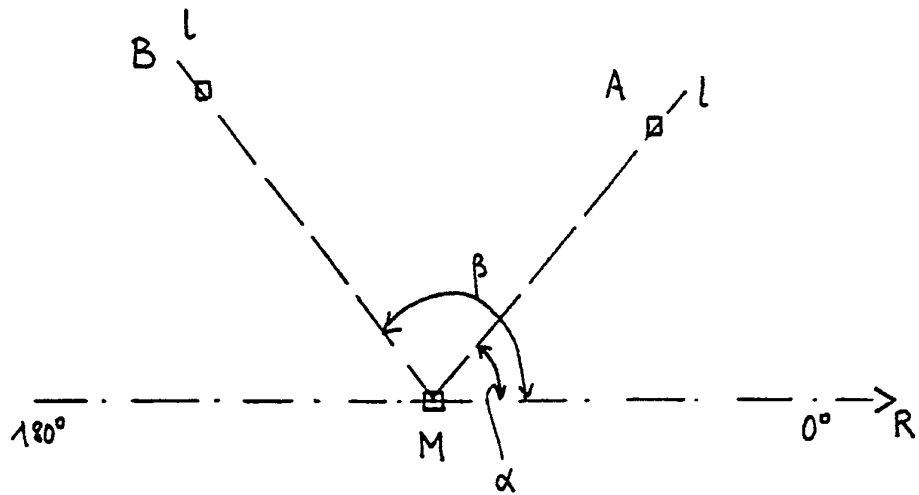


Fig. 2

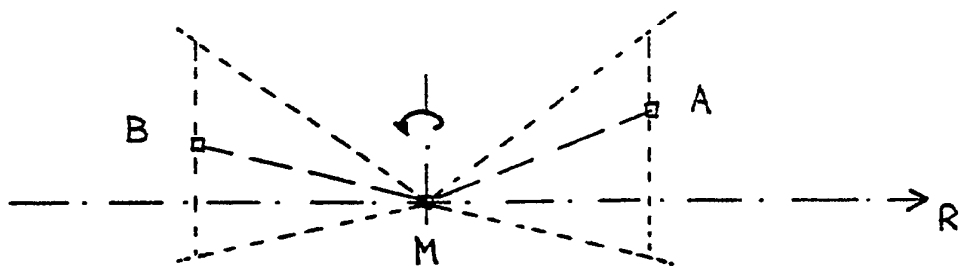


Fig. 3

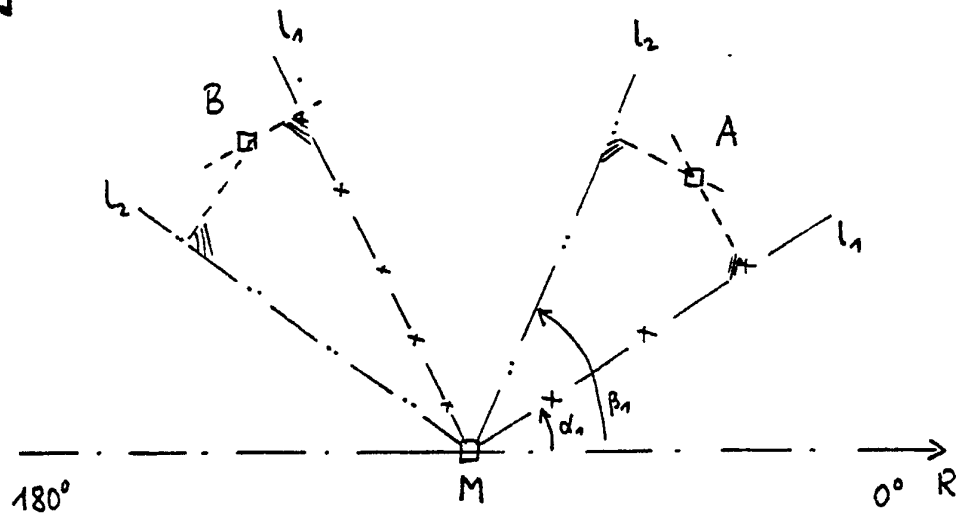


Fig. 4

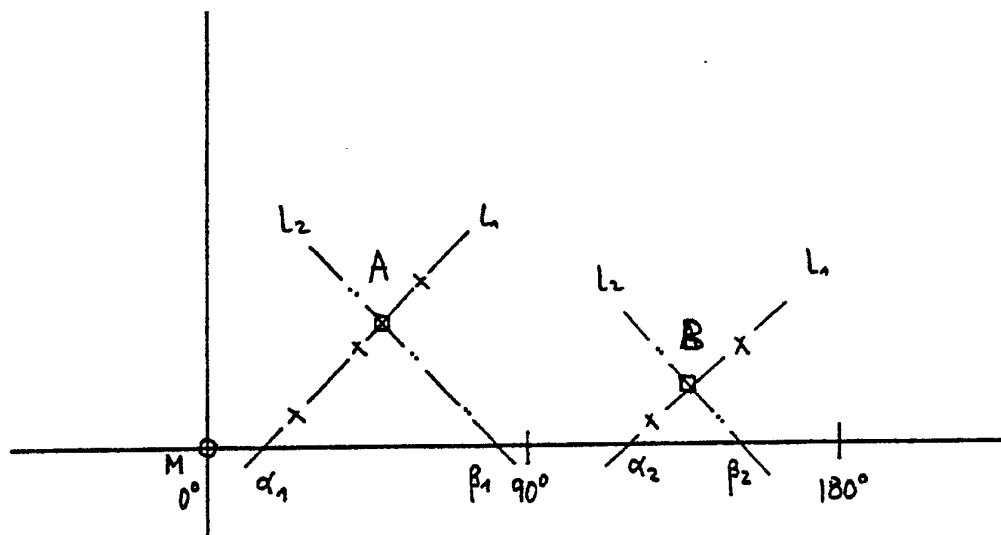


Fig. 5

