



## PATENTAMT der DDR

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	AP G 01 S / 328 106 5	(22)	02.05.89	(44)	26.09.90
(71)	siehe (73)				
(72)	Grunwald, Rüdiger, Dr. Dipl.-Phys.; Koch, Ralf, Dr. Dipl.-Phys., DD				
(73)	Akademie der Wissenschaften der DDR, Otto-Nuschke-Straße 22/23, Berlin, 1080, DD				
(54)	<b>Anordnung zur meßtechnischen Erfassung und Visualisierung lateraler Auslenkungen gegenüber einer optischen Achse</b>				

(55) optisches System; rotationssymmetrisch orientierte Einzelelemente, transparent, reflektierend; unbewegliches sternförmiges System; rotierendes stabförmiges Einzelelement; Lichtquelle; Empfänger (Beobachter), laterale Auslenkung; kreisförmige Lichtfigur

(57) Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur meßtechnischen Erfassung und Visualisierung lateraler Auslenkungen gegenüber einer optischen Achse. Sie ist beispielsweise anwendbar für Justieraufgaben, die Steuerung automatisierter Bewegungsabläufe sowie für optische Leitsysteme (Navigation). Die vorgeschlagene Anordnung ist gekennzeichnet durch ein optisches System aus rotationssymmetrisch orientierten Einzelelementen, welches in bezug auf eine Lichtquelle und einen Empfänger derart positioniert ist, daß bei Auslenkung einer der drei Komponenten gegenüber der Verbindungslinie der jeweils anderen beiden Komponenten kreisförmige, den Mittelpunkt des opt. schen Systems berührende Lichtfiguren entstehen, deren Durchmesser und Winkellage ein Maß für Größe und Richtung der Auslenkung darstellen und die mittels optischer Elemente auf einen Empfänger abgebildet oder visuell beobachtet werden. Das genannte optische System kann unbeweglich sein und aus einer Vielzahl sternförmig angeordneter Einzelelemente bestehen oder ein rotierendes stabförmiges Einzelelement sein, dessen Rotationsachse die Längsachse des Stabes senkrecht schneidet. Fig. 1

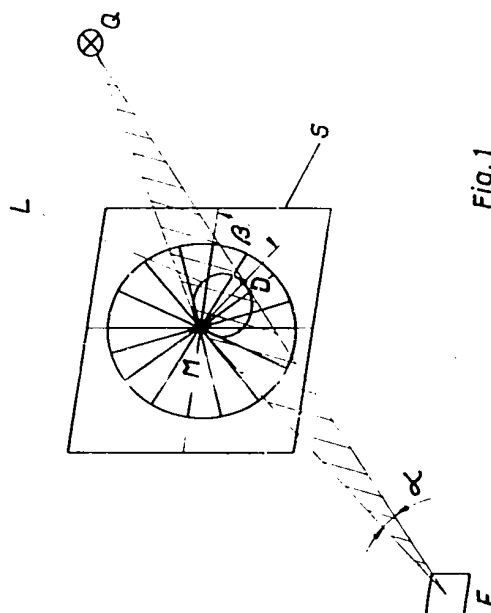


Fig. 1

**Patentansprüche:**

1. Anordnung zur meßtechnischen Erfassung und Visualisierung lateraler Auslenkungen gegenüber einer optischen Achse, **gekennzeichnet durch ein** optisches System aus rotationssymmetrisch orientierten Einzelelementen, welches in bezug auf eine Lichtquelle und einen Empfänger derart positioniert ist, daß bei Auslenkung einer der drei Komponenten gegenüber der Verbindungslinie der jeweils anderen beiden Komponenten kreisförmige, den Mittelpunkt des optischen Systems berührende Lichtfiguren entstehen, deren Durchmesser und Winkellage ein Maß für Größe und Richtung der Auslenkung darstellen und die mittels optischer Elemente auf einen Empfänger abgebildet oder visuell beobachtet werden.
2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das optische System unbeweglich ist und aus einer Vielzahl sternförmig angeordneter Einzelelemente besteht.
3. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das optische System aus einem stabförmigen rotierenden Einzelelement besteht, dessen Rotationsachse die Längsachse des Stabes senkrecht schneidet bzw. kreuzt.
4. Anordnung nach Anspruch 1 und 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das optische System aus brechenden, transparenten Elementen besteht.
5. Anordnung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Elemente in einem vorgegebenen Spektralbereich transmittieren.
6. Anordnung nach Anspruch 1 und 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das optische System aus reflektierenden, nichttransparenten Elementen besteht.
7. Anordnung nach Anspruch 4 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Elemente optisch ent- oder verspiegelt sind.
8. Anordnung nach Anspruch 1 und 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das optische System aus beugenden oder streuenden Elementen besteht.
9. Anordnung nach Anspruch 1 und 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich das optische System zwischen Lichtquelle und Empfänger befindet.
10. Anordnung nach Anspruch 1 und 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich der Empfänger zwischen der Lichtquelle und dem optischen System befindet.
11. Anordnung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem optischen System zusätzlich ein Spiegel oder eine Kombination aus Spiegel und abbildendem optischem Element zugeordnet ist.
12. Anordnung nach Anspruch 1 und 2 oder 3, 4 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einzelelemente des optischen Systems eine kreiszylindrische Geometrie aufweisen.
13. Anordnung nach Anspruch 1 und 2 oder 3, 4 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einzelelemente des optischen Systems eine nichtkreiszyllindrische Geometrie aufweisen.
14. Anordnung nach Anspruch 1 und 2 oder 3, 4 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einzelelemente des optischen Systems gebogene Stäbe darstellen.
15. Anordnung nach Anspruch 1 und 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Rotationsachse des optischen Systems eine zusätzliche eigenständige Bewegung relativ zum Empfänger bzw. Beobachter ausführt, die den kreisförmigen Lichtfiguren überlagert wird.
16. Anordnung nach Anspruch 1 und 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß kreisförmige Schablonen vorgesehen sind, die das Erreichen bestimmter Auslenkungen bzw. das Auftreten vorgegebener Lichtmuster signalisieren.
17. Anordnung nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das optische System aus mehreren Lagen sternförmig angeordneter Einzelelemente besteht, wobei die Einzelelemente gegeneinander winkelfersetzt sind.
18. Anordnung nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das optische System durch Strukturierung eines ebenen Trägers extrem flach ausgebildet ist.
19. Anordnung nach Anspruch 1 und 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die verwendeten Elemente des optischen Systems in ihren optischen Eigenschaften durch Anlegen elektrischer Felder beeinflussbar sind.
20. Anordnung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Elemente des optischen Systems als magnetooptische Schichten ausgebildet sind.
21. Anordnung nach Anspruch 1 und 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Elemente für das optische System Flüssigkristalle verwendet werden.
22. Anordnung nach Anspruch 1 und 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß als brechende optische Elemente Flüssigkeitsstrahlen eingesetzt werden.

23. Anordnung nach Anspruch 1 und 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle im nichtsichtbaren elektromagnetischen Spektralbereich emittiert.
24. Anordnung nach Anspruch 1 und 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle akustische Wellen emittiert.
25. Anordnung nach Anspruch 1 und 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle Partikelstrahlung emittiert.

Hierzu 8 Seiten Zeichnungen

#### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung dient zur meßtechnischen oder visuellen Bestimmung von Auslenkungen gegenüber der Achse eines optischen Systems bzw. gegenüber einer vorgegebenen Orientierung im Raum.

Sie ist beispielsweise anwendbar für die Zentrierung optischer Anordnungen (Justierung), die Steuerung automatisierter Bewegungsabläufe (Montageroboter) sowie für optische Leitsysteme (Navigation).

#### Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es sind verschiedene technische Lösungen bekannt, die sich rotierender optischer Systeme (Spiegel, Linsen, Prismen, Blenden, Spalte) bedienen, um Auslenkungen von vorbestimmten optischen Achsen nachzuweisen, Lichtquellen zu orten oder anzuvisieren, Lage und Bahn von Objekten zu ermitteln sowie Lichtstrahlen räumlich und zeitlich zu modulieren. Die optischen Systeme können dabei sowohl um Achsen senkrecht als auch parallel zur optischen Achse (Quelle-Detektor) rotierbar angebracht sein. Bei einem bekannten Navigationsgerät zum Anvisieren einer Lichtquelle, insbesondere der Sonrie (DE-AS 2 638 630; G01 C, 1/08) fällt das Licht durch einen sog. Lichtpfad (zylindrische Blende) in einer schnell rotierenden Scheibe auf einen Detektor, dessen Ausgangssignal mit einem von einer Referenzquelle erzeugten Bezugssignal verglichen wird. Die Auswertung erfolgt über Differenzbildung.

Nachteilig ist der Aufwand einer zweiten Lichtquelle und der Auswertelektronik.

Andere Meßanordnungen enthalten Quadrantendetektoren, wie beispielsweise eine Vorrichtung zur Verfolgung eines Zielobjektes, insbesondere Flugkörpers (DE-PS 1 473 999; G01 S, 3/78) oder eine Vorrichtung zum Messen der Lagewinkel beweglicher Ziele (DE-AS 1 623 384; G01 S, 3/78).

Ein derartiger Vierquadrantenempfänger ist auch in der DE-PS 2 354 244; G01 S, 3/78 beschrieben.

Bekannt sind ferner Vorrichtungen mit vertikalen und horizontalen Spalten zur Messung von Höhen- und Seitenwinkel, z. B. ein Gerät zum Erfassen und Orten einer Strahlungsquelle (DE-PS 1 673 904; G01 S, 3/78).

Die Verwendung von Blenden oder Spalten ist insofern ungünstig, als nur ein geringer Lichtanteil vom Objekt zur Detektoranordnung gelangen kann und der abtastbare Raumwinkel begrenzt ist.

Es ist auch bekannt, die Lage der Brennflecke fokussierender Fangspiegel bezüglich der Spiegelachse als Maß für die Auslenkung zu benutzen, wie dies in einem Verfahren zur Lageermittlung von bewegten Objekten dargelegt ist (DE-AS 2 029 049; G01 S, 3/78). Ähnlich aufgebaut ist eine Anordnung, bei der ein optisches System (Spiegel, Prismen) um die optische Achse rotiert und in der Fokalebene eines Objektes ein Detektorarray beleuchtet (GB-PS 2 075 789; G01 S, 3/78). Bei Auslenkung des rotierenden Systems entstehen durch Überlagerung von Rotation und Auslenkung komplizierte Lichtfiguren. Die Auswertung ist ebenso wie die Herstellung der Optik als sehr aufwendig einzuschätzen.

Bekannt ist ein Detektor für infrarote Strahlung (DE-AS 1 473 960; G01 S, 3/78), bei dem die vorgeprägte Nutation eines optischen Elementes (Linse) um die Achse Quelle-Detektor zum Scannen eines Suchsektors verwendet wird, um Lichtquellen aufzufinden. Hierbei wird ein synchrones Vergleichssignal benötigt.

In anderen Fällen wird das Licht der fraglichen Quelle über optische Systeme (Prismen, Linsen) auf hell-dunkel-geteilte Modulationsscheiben gelenkt, die je nach Auslenkung verschiedene modulierte Signale erzeugen (US-PS 3 853 405; G01 S, 3/78).

Der Einsatz spektraler Filter zur Kontrastverbesserung sowie die Anwendung des Prinzips auf den akustischen Bereich wurde ebenfalls bereits beschrieben im Zusammenhang mit einer Vorrichtung zur koordinatenmäßigen Bestimmung der Lage eines Objektes in einem Beobachtungsfeld (DE-PS 977 916; G01 S, 3/78).

Richtungs- und geschwindigkeitsempfindliche Laser-Radar-Flugleitanlagen stellen eine weitere bekannte technische Lösung dar.

Als Beispiel dafür sei eine Einrichtung zur Detektion von bewegten Zielen genannt (DE-OS 3 219 533; G01 S, 17/50).

Der optische und elektronische Aufwand ist hierbei noch erheblicher.

Laserleuchttürme als Alternative zu funknavigatorischen Einrichtungen bzw. zu konventionellen Leuchttürmen sind ebenfalls realisiert worden (III. National Conference „Lasers '88“, October 10–14, 1988, Plovdiv, Bulgaria, Abstracts E 12, E 13, pp 179–181).

Gearbeitet wird mit überlappenden Detektoren verschiedener Farben, welche von Lasern unterschiedlicher Wellenlänge geliefert werden. Die visuelle Beobachtung bietet insbesondere für Piloten beim Landeanflug eine zusätzliche Kontrollmöglichkeit und trägt damit zur Erhöhung der Flugsicherheit bei.

Von Nachteil ist jedoch die subjektive Bewertung der eigenen Fahrt- bzw. Flugrichtung bezüglich der Zielrichtung, d. h. die mangelhafte Erfassung von Abweichungen.

Bekannt ist auch eine Vorrichtung zum Aufweiten von nahezu parallelen Lichtbündeln, die sich rohrförmiger Zylinderlinsen bedient, deren Winkellage gegenüber dem Lichtstrahl geändert werden kann (DE-AS 2650023; G 02 B, 3/06).

### Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist eine einfache Erfassung bzw. Visualisierung von Auslenkungen gegenüber einer optischen Achse bei der Lösung von Justier-, Steuerungs- und Navigationsaufgaben.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine einfach zu handhabende, zuverlässig arbeitende Anordnung zur meßtechnischen Erfassung und Visualisierung lateraler Auslenkungen gegenüber einer optischen Achse zu schaffen, die ohne komplizierte optische und elektronische Komponenten auskommt.

Es wurde gefunden, daß eine sternförmige Anordnung aus Glasfasern, wie sie als Weihnachtsbaumschmuck hinreichend bekannt ist, bei Beleuchtung mit einer divergenten Lichtquelle geringer Ausdehnung von der Rückseite her auf ihrer Vorderseite eine annähernd kreisförmige Lichtfigur erkennen läßt. Diese als „Weihnachtssterneffekt“ zu bezeichnende Erscheinung läßt sich für meßtechnische Zwecke ausnutzen, da es sich gezeigt hat, daß bei Auslenkung des Auges des Beobachters (Empfängers) gegenüber der Verbindungslinie zwischen Lichtquelle und Mittelpunkt der sternförmigen Anordnung diese Lichtfigur in Abhängigkeit von der Größe der Auslenkung ihren Durchmesser ändert, jedoch stets durch den genannten Mittelpunkt verläuft.

Auf der Grundlage dieser Erkenntnis wird die vorstehend genannte Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch ein optisches System aus rotationssymmetrisch orientierten Einzelelementen, welches in bezug auf eine Lichtquelle und einen Empfänger derart positioniert ist, daß bei Auslenkung einer der drei Komponenten gegenüber der Verbindungslinie der jeweils anderen beiden Komponenten kreisförmige, den Mittelpunkt des optischen Systems berührende Lichtfiguren entstehen, deren Durchmesser und Winkellage ein Maß für Größe und Richtung der Auslenkung darstellen und die mittels optischer Elemente auf einen Empfänger abgebildet oder visuell beobachtet werden.

Für die Anordnung werden zwei Grundtypen von optischen Systemen vorgeschlagen.

Zum einen kann das optische System unbeweglich sein und aus einer Vielzahl sternförmig angeordneter Einzelelemente bestehen.

Zum anderen kann es aus einem stabförmigen rotierenden Einzelelement bestehen, dessen Rotationsachse die Längsachse des Stabes senkrecht schneidet bzw. kreuzt.

Die Einzelelemente eines optischen Systems können aus brechenden, transparenten Materialien, z. B. Glas oder transparenten Kunststoff bestehen.

Dabei kann es zweckmäßig sein, wenn die Elemente in einem vorgegebenen Spektralbereich transmittieren, um z. B. eine eindeutige Zuordnung einer zu vermessenden Lichtquelle aus einer Mehrzahl von Lichtquellen mit unterschiedlichem  $\lambda$  zu erreichen.

Ein optisches System kann auch aus reflektierenden, nicht transparenten Elementen, beispielsweise polierten Metallstäben bestehen.

Bei Verwendung transparenter Elemente sorgt eine Entspiegelung mittels dünner, dielektrischer Schichten (Anti-Reflexions-Schicht) für die Vermeidung von Doppelringstrukturen infolge der unerwünschten Reflexion. Benutzt man dagegen reflektierende Elemente, verbessert eine Beschichtung mit hochreflektierendem Material (z. B. durch Aufdampfen einer dünnen Goldschicht) die Wirksamkeit der Anordnung.

Es sind auch beugende oder streuende Elemente für das optische System anwendbar.

Im Normalfall ist das optische System zwischen Lichtquelle und Empfänger positioniert.

Die Quelle kann sich aber auch hinter dem Empfänger bzw. Beobachter befinden, wenn die Anordnung in Reflexion arbeitet. Ein solcher Sonderfall ist denkbar, wenn sich beispielsweise die Lichtquelle hinter einem mit der Anordnung ausgerüsteten Fahrzeug befindet. Zur Realisierung der letztgenannten Anordnungsvariante ist es vorteilhaft, wenn dem optischen System zusätzlich ein Spiegel oder eine Kombination aus Spiegel und abbildendem optischem Element zugeordnet ist.

Die Einzelelemente des optischen Systems haben vorzugsweise eine kreiszylindrische Geometrie, können aber auch eine nichtkreisförmige Geometrie aufweisen.

Auch gebogene Stäbe mit nichtlinearer Stabachse lassen sich als Einzelelemente für das optische System verwenden. Diese Maßnahme führt zu einer besonders markanten Ausbildung der Lichtfiguren.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Anordnung sind Mittel vorgesehen, die der Rotationsachse des optischen Systems eine zusätzliche eigenständige Bewegung erteilen relativ zum Empfänger bzw. Beobachter, die den kreisförmigen Lichtfiguren überlagert wird. Dadurch wird bei der Auslenkung die Richtung der Winkelabweichung deutlicher markiert.

Eine einfache quantitative Erfassung wird durch kreisförmige Schablonen ermöglicht, die das Erreichen bestimmter Auslenkungen bzw. das Auftreten vorgegebener Lichtmuster signalisieren.

Um eine möglichst „dichte“ Anordnung z. B. der sternförmig orientierten Einzelelemente eines optischen Systems zu erreichen, ist es sinnvoll, das System aus mehreren hintereinander angeordneten Teilsystemen aufzubauen, wobei die Einzelelemente der Teilsysteme jeweils gegeneinander winkelfersetzt sind.

Ein nichtrotierendes optisches System kann durch Strukturierung eines ebenen Trägers extrem flach ausgebildet werden. Eine derartige Strukturierung läßt sich kostengünstig in bekannter Weise durch Ritzen, Prägen, Ätzen, CVD, Fotografie, Holografie oder Laserbehandlung vollziehen.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Anordnung ist dann gegeben, wenn die verwendeten Elemente des optischen Systems in ihren optischen Eigenschaften durch Anlegen elektrischer Felder beeinflusst werden. Dadurch sind bei kontinuierlicher Lichtquelle die Muster chopperbar, was eine leichtere Auswertung ermöglicht. Die Anordnung ist überdies für bestimmte Wellenlängenbereiche optimierbar.

Die vorgenannten Wirkungen werden auch erreicht, wenn die Elemente des optischen Systems als magnetooptische Schichten ausgebildet sind.

Als Elemente für das optische System können auch Flüssigkristalle verwendet werden, die schaltbar sind und ebenfalls die vorbeschriebenen Wirkungen zeigen.

Es ist auch denkbar, daß als brechende optische Elemente Flüssigkeitsstrahlen eingesetzt werden.

Eine erfindungsgemäß ausgebildete Anordnung läßt sich auch anwenden, wenn die Strahlungsquelle im nicht sichtbaren elektromagnetischen Spektralbereich emittiert.

Gleiches gilt prinzipiell auch für Strahlungsquellen, die akustische Wellen oder Partikelstrahlung emittieren.

Die erfindungsgemäße Anordnung zur meßtechnischen Erfassung und Visualisierung lateraler Auslenkungen gegenüber einer optischen Achse weist gegenüber bekannten Lösungen für vergleichbare Meßaufgaben wesentliche Vorteile auf.

Da die kreisförmigen Lichtfiguren als Kreisausschnitte auch dann erzeugt werden, wenn die Verbindungslinie Quelle–Empfänger (Beobachter) außerhalb der äußeren Begrenzung des optischen Systems verläuft, welche durch die Länge der rotationssymmetrisch angeordneten Einzelelemente gegeben ist, arbeitet die erfindungsgemäße Anordnung in einem größeren Winkelbereich als bekannte Vorrichtungen.

Der Grenzwinkel ist nicht durch die Systemdimensionen, sondern durch Brechung, Reflexion oder entsprechende Effekte bestimmt. Die Kombination mit abbildenden optischen Elementen gestattet zusätzlich eine Sichtfelderweiterung.

Im Vergleich zu bekannten Lösungen können extrem einfache optische Systeme eingesetzt werden.

Ein weiterer Vorteil besteht in der Möglichkeit einer elektrischen, mechanisch bewegungsfreien Realisierung der Meßanordnung.

Es sei noch darauf verwiesen, daß das erfindungsgemäße Lösungsprinzip, hier als Meßanordnung konzipiert, auch zur Erzeugung kreisringförmiger Lichteffekte für andere Anwendungsfälle denkbar ist.

So lassen sich neuartige Lichteffekte realisieren beispielsweise für Sichtwerbung (Schaufensterdekoration), Markierung (Autobahn), Show (Disco-Beleuchtung), Kunstgewerbe (Lampenschirme), optische Spielzeuge sowie künstlerische Fotografie.

#### Ausführungsbeispiele

Die Erfindung soll nachstehend an Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1: die Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen Anordnung mit Angabe der Geometrieverhältnisse am optischen System,
- Fig. 2: eine Darstellung der Auslenkung des optischen Systems gegenüber der Verbindungslinie Quelle–Empfänger,
- Fig. 3: eine Darstellung der Auslenkung der Achse Empfänger optisches System gegenüber der Verbindungslinie Quelle–Empfänger,
- Fig. 4: eine Darstellung der Auslenkung der Quelle gegenüber der Achse Empfänger optisches System,
- Fig. 5: ein optisches System aus einer Vielzahl sternförmig orientierter Glasfasern,
- Fig. 6: ein optisches System, im wesentlichen bestehend aus einem rotierenden Glasstab,
- Fig. 7: die schematische Darstellung eines aus zwei hintereinander angeordneten Teilsystemen bestehenden optischen Systems mit winkelseitigen Einzelelementen,
- Fig. 8 bis 11: eine schematische Darstellung von Ausführungsvarianten des optischen Systems,
- Fig. 12: eine erfindungsgemäße Anordnung zur meßtechnischen Erfassung lateraler Auslenkungen gegenüber einer optischen Achse,
- Fig. 13: ein die CCD-Matrix ersetzendes Empfängersystem mit kreuzförmig angeordneten Empfängerzeilen für die Anordnung nach Fig. 12,
- Fig. 14: ein anderes Empfängersystem mit rotierender Empfängerzeile für die Anordnung nach Fig. 12.

Bei der in Fig. 1 gezeigten Prinzipdarstellung der Anordnung sind die Geometrieverhältnisse am optischen System dargestellt für den Fall der Auslenkung der durch den Empfänger E und den Mittelpunkt M des optischen Systems S definierten Achse gegenüber der Verbindungslinie Quelle Q–Empfänger E, die im Punkt D die Ebene des optischen Systems S durchstößt. Die schraffierte Fläche ist die Ebene EQM.

$\alpha$  ist der Winkel und  $\beta$  die Richtung der Auslenkung der Achse E–M.

Es entsteht eine kreisförmige Lichtfigur L, deren Durchmesser ein Maß darstellt für die Größe der Auslenkung.

Fig. 2 zeigt den Fall der Auslenkung des optischen Systems S selbst, welches im realen Anwendungsfall z. B. an ein Werkstück gebunden sein kann.

In Fig. 3 ist im Prinzip der gleiche Fall der Auslenkung dargestellt wie in Fig. 1. Das System E–M bewegt sich im Raum, was beispielsweise der Eigenbewegung eines Fahrzeuges entspricht. Fig. 4 zeigt den Fall, in dem die Quelle Q gegenüber der Achse E–M eine Auslenkung erfährt. Dies verdeutlicht die Anwendung der Anordnung auf ein bewegliches Ziel.

Für die Anordnung werden zwei Grundtypen von optischen Systemen vorgeschlagen.

Das optische System nach Fig. 5 ist unbeweglich und besteht aus einer Vielzahl sternförmig angeordneter Einzelelemente, z. B. aus Glasfasern.

Das optische System nach Fig. 6 besteht aus einem stabförmigen rotierenden Einzelelement, hier einem Glasstab GS, dessen Rotationsachse die Längsachse des Stabes senkrecht schneidet. In Fig. 7 ist ein optisches System gezeigt, das aus zwei hintereinander angeordneten Teilsystemen mit sternförmig orientierten Einzelelementen besteht.

Die Einzelelemente des einen Teilsystems sind zu denen des anderen Teilsystems winkelseitig, so daß mehr Einzelelemente am Entstehen der Lichtfiguren beteiligt sind als bei einlagiger Ausführung, das optische System wird „dichter“.

Mehrere mögliche Ausführungsvarianten des optischen Systems sind in den Figuren 8 bis 11 schematisch dargestellt, und zwar in Fig. 8 eine Ausführung mit einer Vielzahl sternförmig orientierter Einzelelemente (Fasern), in Fig. 9 eine sternförmige Anordnung von Stäben oder Fasern, die sowohl als feststehendes als auch rotierendes System einsetzbar ist, in Fig. 10 ein rotierendes optisches System, das im wesentlichen aus einem geraden Stab (Faser) besteht und in Fig. 11 ein rotierendes System mit einem gekrümmten Stab (Faser).

Bei der in Fig. 12 dargestellten Anordnung nach der Erfindung dient als optisches System ein kreiszylindrischer Glasstab GS von 3,4 mm Dicke und 45 mm Länge, welcher in ein Metallrohr MR senkrecht zur Wand und durch die Mitte verlaufend eingeklebt ist und dessen Länge dem Rohrinne Durchmesser entspricht.

Das Metallrohr MR ist auf Passung in den Innenring eines Kugellagers KL eingelassen und mit diesem um seine Längsachse drehbar, wodurch der Glasstab GS um eine durch seinen Mittelpunkt verlaufende Querachse (senkrecht auf der Stab-Längsachse stehend) rotieren kann. Die Drehbewegung des Metallrohres MR wird durch einen Elektromotor EM über einen Riementrieb RT realisiert.

Der Motor EM wird über eine regelbare Spannungsquelle SQ versorgt, so daß die Umdrehungsgeschwindigkeit steuerbar ist. Eine Linse Li der Brennweite  $f = 20\text{ cm}$  vom Durchmesser  $d = 5\text{ cm}$  befindet sich im Abstand  $f$  vom Glasstab GS im Innern eines zweiten, mit dem äußeren Ring des Kugellagers KL verbundenen Rohres R, welches zur Abblendung von Störlicht sowie zur mechanischen Stabilisierung dient und innen zur Verminderung der Reflexion geschwärzt ist.

Der Außendurchmesser des die Linse Li haltenden Ringeinsatzes RE entspricht dem Innendurchmesser des äußeren Ringes des Kugellagers KL. In der beobachtungsseitigen Brennebene der Linse Li wird eine 1:1-Abbildung der kreisringförmigen Lichterscheinung am rotierenden Glasstab GS auf einer CCD-Matrixkamera MK erzeugt, deren Signale mit Hilfe eines Mikrorechners  $\mu R$  verarbeitet werden und auf einem Terminal T zur Anzeige gelangen.

Während die untere Grenze der Zeitauflösung der Apparatur bestimmt ist durch die Umdrehungsgeschwindigkeit des Motors EM, ergibt sich eine weitere Grenze aus der Verarbeitungsgeschwindigkeit der Elektronik V/AD (A-D-Wandlung, Verstärkung usw.) bis hin zur Ausgabe (Monitor, Terminal) oder zum Stellglied (z. B. Ruderlage beim Schiff).

Die Redundanz der aus den kreisförmigen Lichtfiguren jeweils abzuleitenden Informationen über Richtung und Amplitude der Winkelauslenkung gestattet gegenüber konventionellen Verfahren (z. B. Quadrantendetektoren) auch im Falle atmosphärischer Störungen, z. B. bei Flimmererscheinungen, Dunst usw.) Betrieb mit erhöhter Sicherheit.

Über angepaßte Software (Clustermethoden der Bildverarbeitung) wird eine Computer-Bildverbesserung und damit eine Rekonstruktion auch relativ stark gestörter Lichtfiguren möglich.

Anstelle der bei der vorstehend beschriebenen Anordnung verwendeten CCD-Matrix können, wie in Fig. 13 gezeigt, vier kreuzförmig angeordnete Empfängerzeilen EZ 1, EZ 2, EZ 3, EZ 4 Anwendung finden. Bei vorhandener seitlicher Auslenkung wird die entstehende kreisförmige Lichtfigur zwei Empfängerzeilen EZ 1 und EZ 2 schneiden. Die Koordinaten  $(x, y)$  der zusätzlich zum Kreuzungspunkt der Empfängerzeilen bestrahlten Empfängerelemente EE 1 und EE 2 erlauben durch entsprechende rechnergestützte Auswertung eine eindeutige Zuordnung von Richtung  $\beta$  und Größe der Winkelauslenkung.

Bei einem anderen für die erfindungsgemäße Anordnung statt einer CCD-Matrix einsetzbaren Empfängersystem wird eine rotierende Empfängerzeile REZ verwendet, wie aus Fig. 14 ersichtlich.

Bei synchroner Rotation von Empfängerzeile und Stab des optischen Systems wird im Falle einer Winkelauslenkung (Entstehen einer kreisförmigen Lichtfigur) ein räumlich periodisches Signal erzeugt, dessen maximale Ortsauslenkung auf der Zeile als Maß für die Amplitude der zu messenden Winkelauslenkung dient, während die Phasenlage Aussagen über die Richtung der Auslenkung liefert (Fig. 14 b). Die Auskopplung des rotierenden Maßteils an eine Auswertelektronik erfolgt über einen Optokoppler.

232991

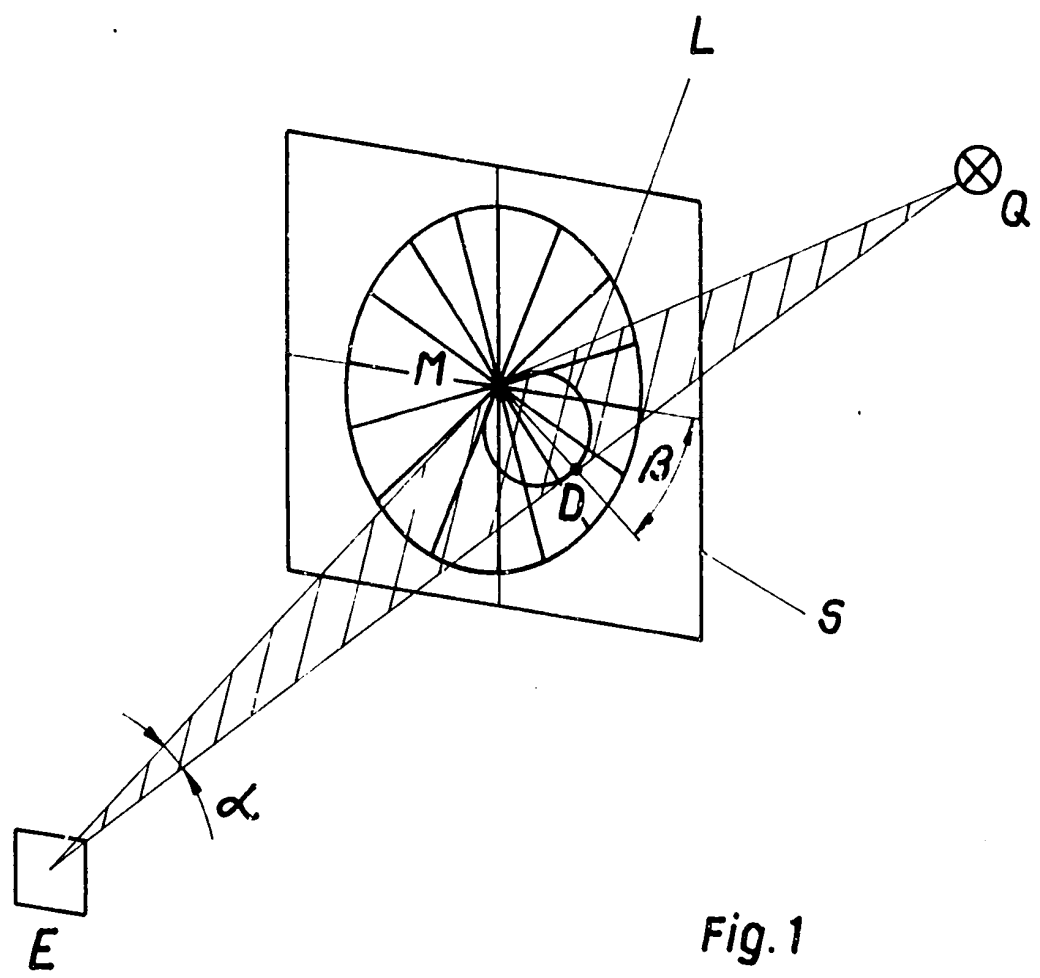
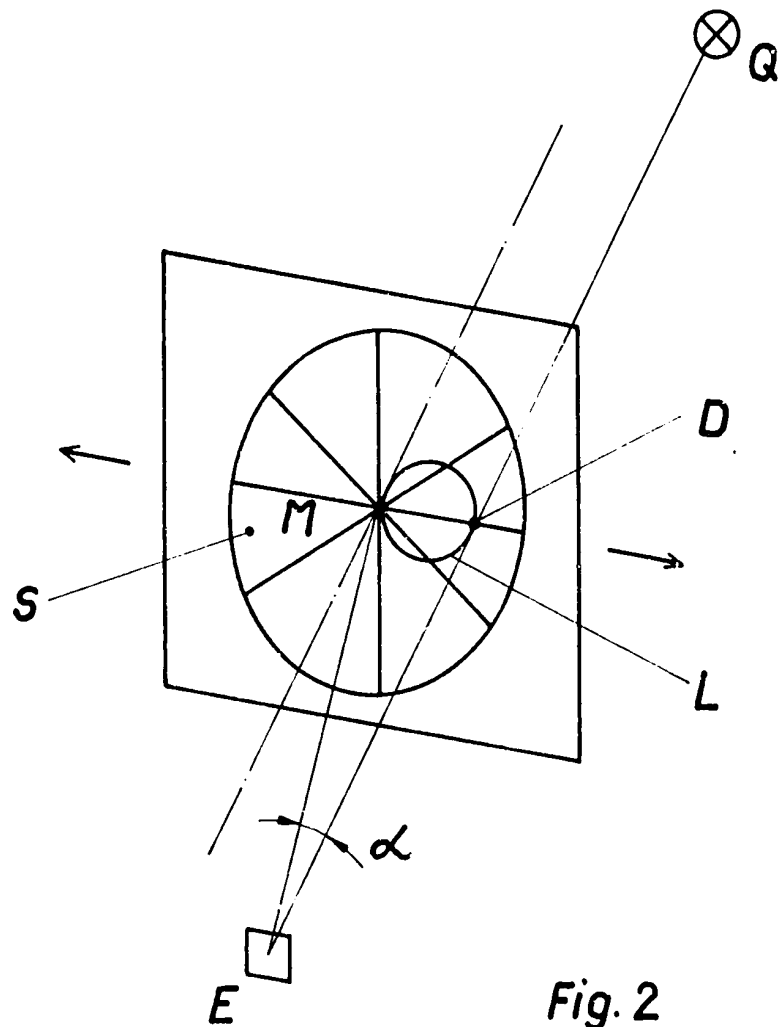


Fig.1



**Fig. 2**



282991

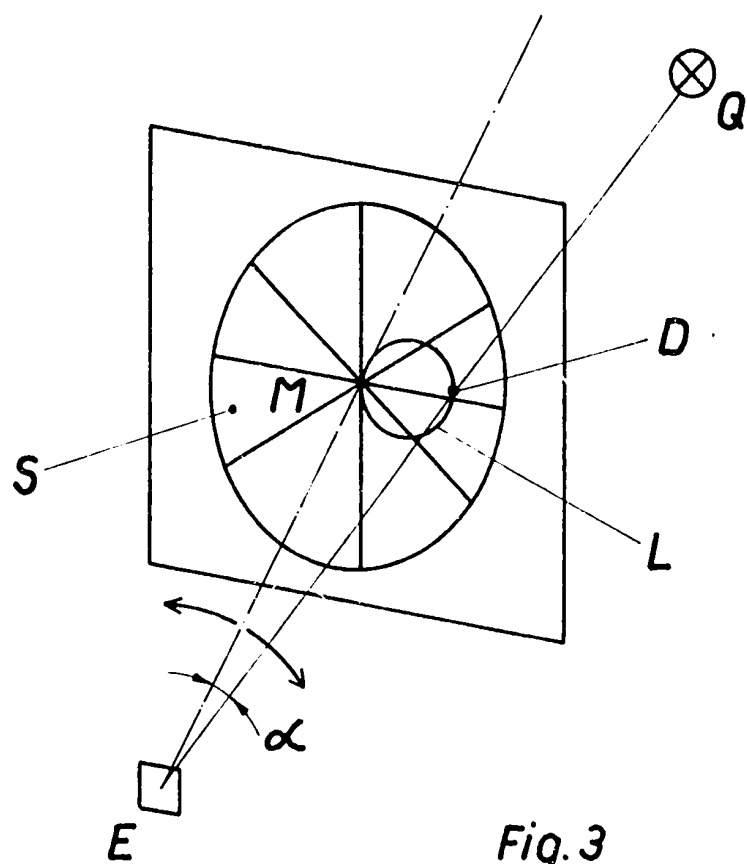


Fig. 3

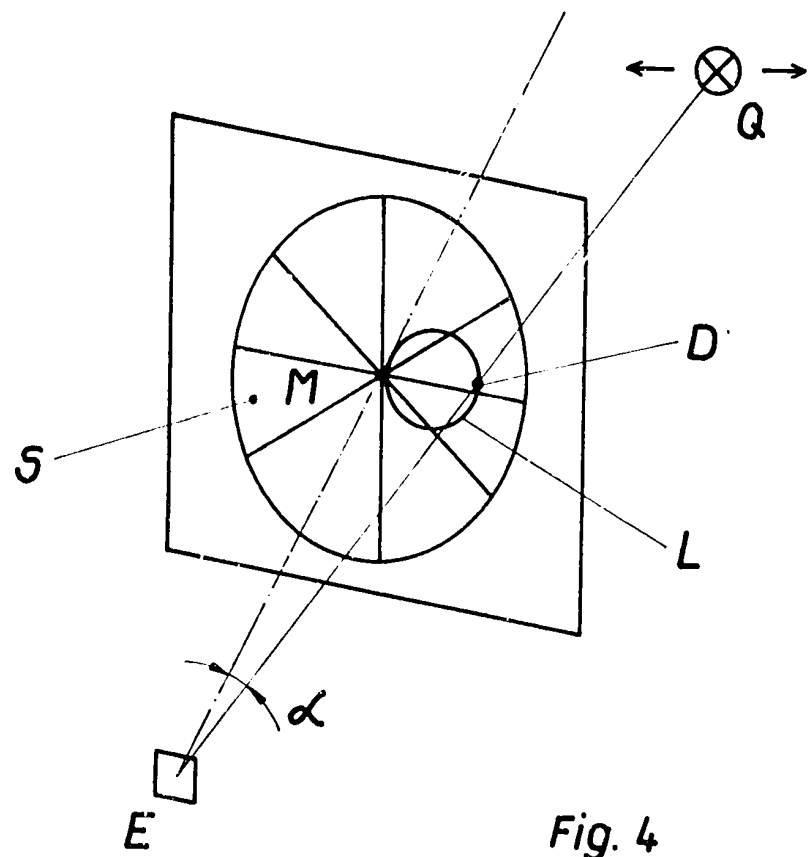
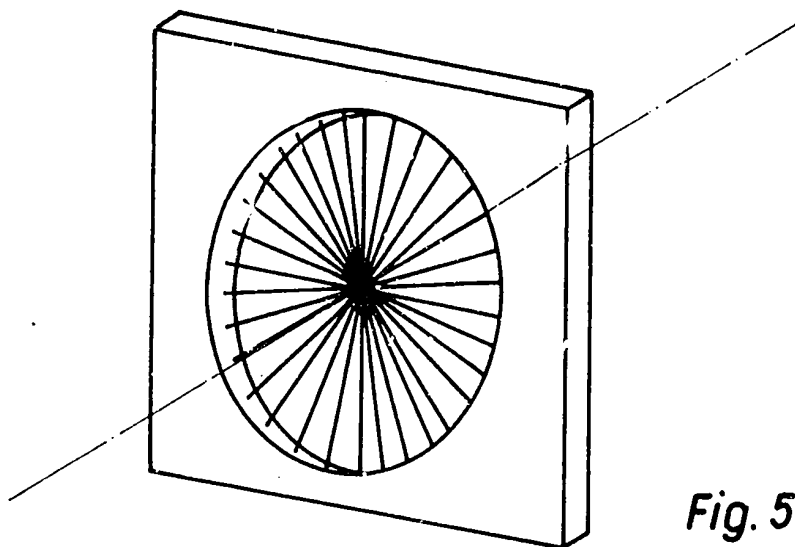
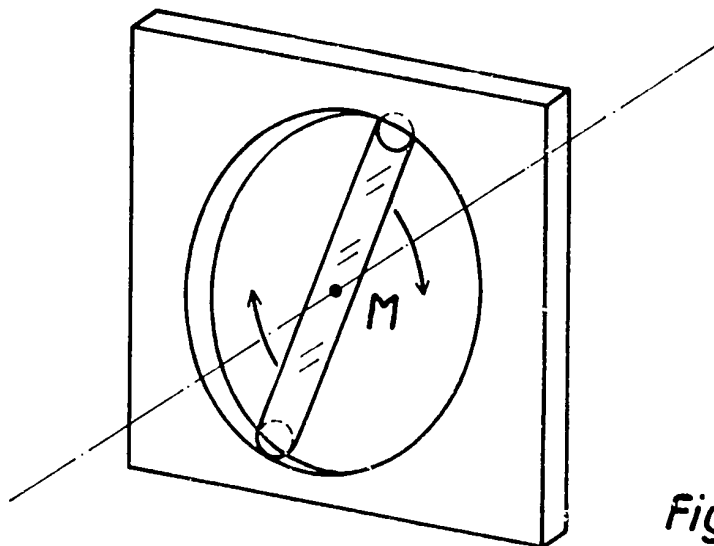
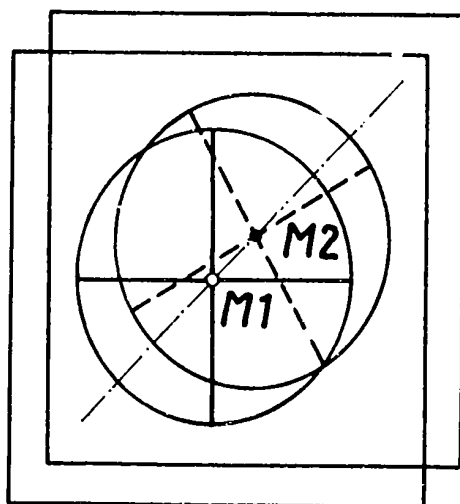
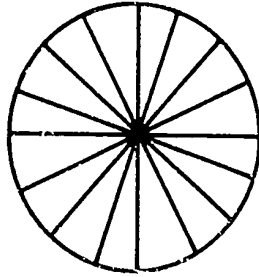
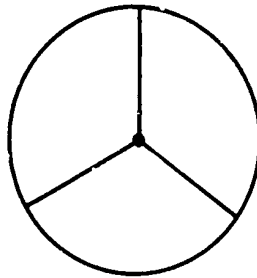


Fig. 4

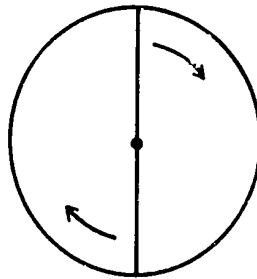
*Fig. 5**Fig. 6**Fig. 7*



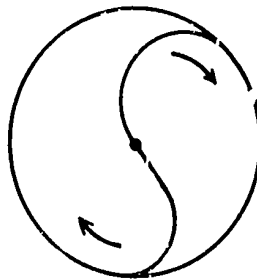
**Fig. 8**



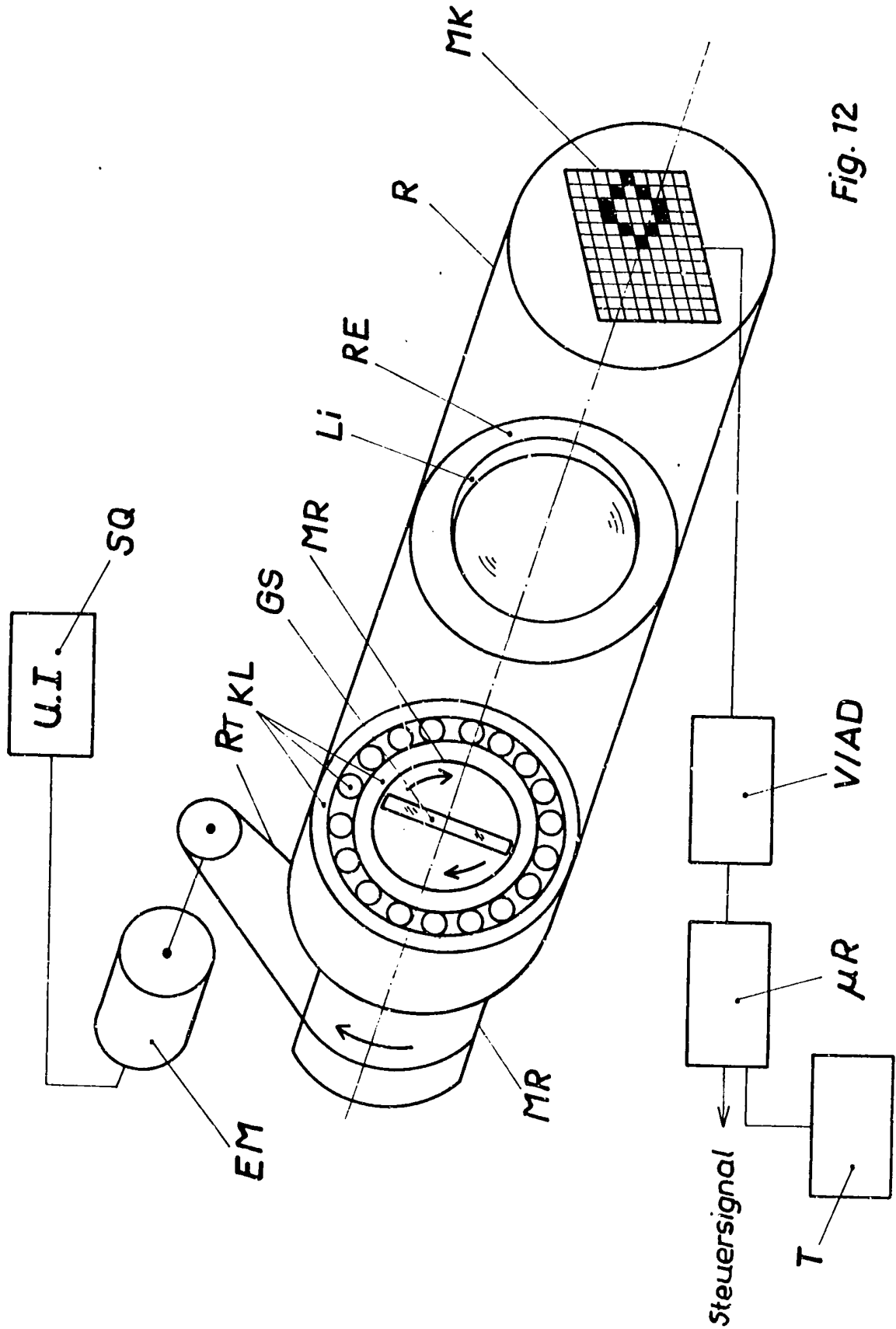
**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig. 11**



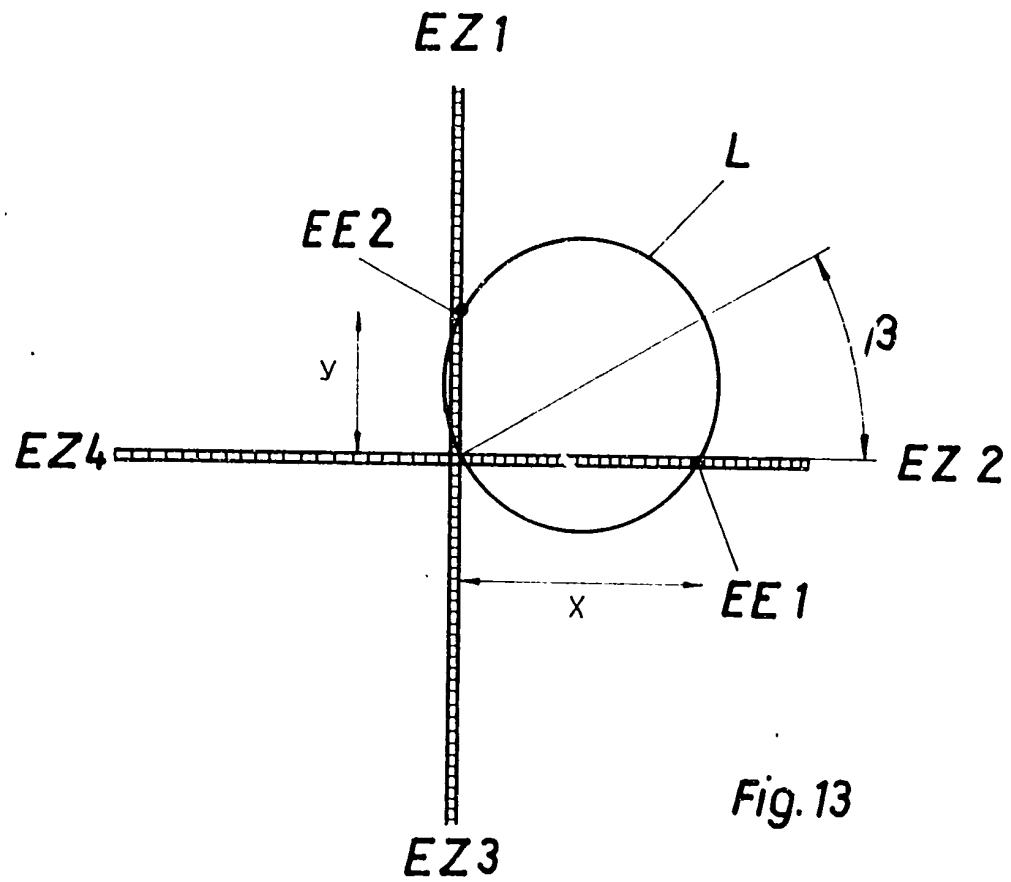


Fig. 13

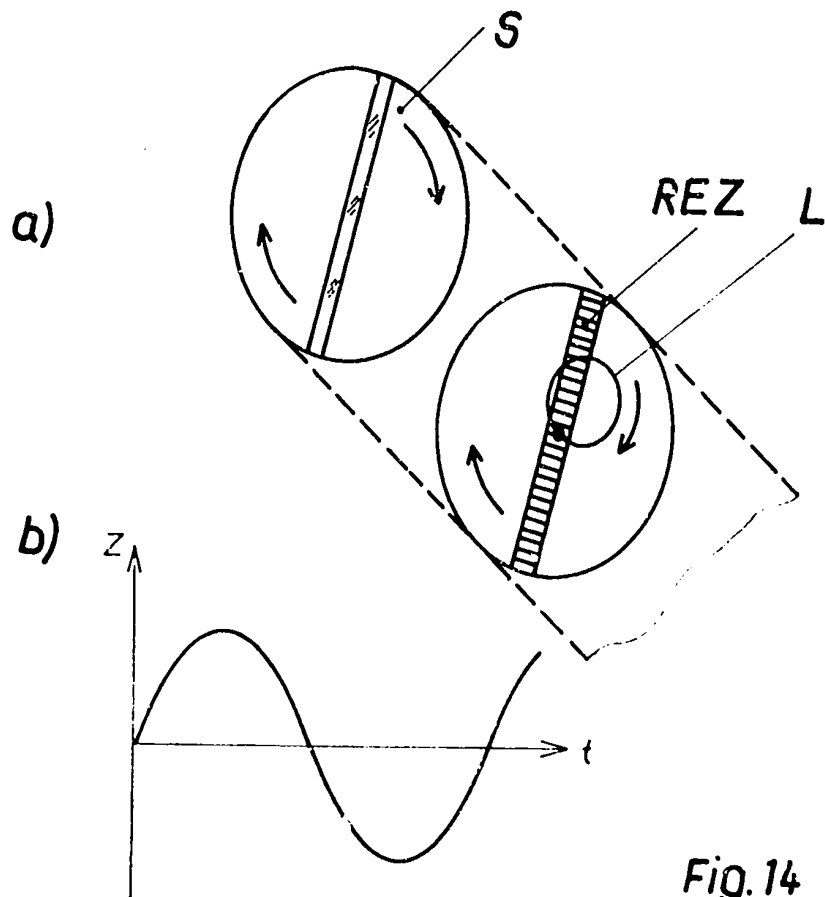


Fig. 14