



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

**PATENT** A5

11

**643 059**

21 Gesuchsnummer: 9120/79

22 Anmeldungsdatum: 10.10.1979

30 Priorität(en): 14.11.1978 DE 2849252

24 Patent erteilt: 15.05.1984

45 Patentschrift  
veröffentlicht: 15.05.1984

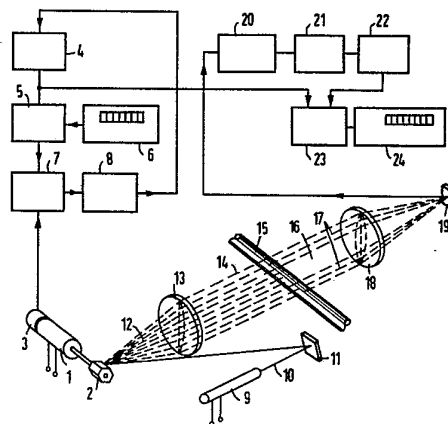
73 Inhaber:  
Dipl.-Ing. Bruno Richter, Stegaurach (DE)

72 Erfinder:  
Dipl.-Ing. Bruno Richter, Stegaurach (DE)  
Bernhard Brand, Niederwerrn (DE)

74 Vertreter:  
E. Blum & Co., Zürich

**54 Optisch-elektrische Messeinrichtung zum Messen der Lage und/oder Dimension von Gegenständen.**

57 Ein Elektromotor (1) treibt einen Drehspiegel (2) und einen Drehgeber (3) an, welcher der Drehgeschwindigkeit des Motors (1) proportionale, elektrische Impulse erzeugt. Ein scharf gebündelter Lichtstrahl wird von einer Lichtquelle (9) über Spiegel (11, 2) und Kollimationsmittel (13) zu parallelen Lichtstrahlen in eine Ebene (14) umgelenkt, in der sich der zu messende Gegenstand (15) befindet. Die Lichtstrahlen werden durch eine Empfangsoptik auf eine Photozelle (19) geleitet, in digitale Signale gewandelt und in einer Schaltungsvorrichtung mit den vom Impulsgeber (4) abgegebenen Impulsen verglichen. Im Falle einer Unterbrechung der Signalfolge durch den Gegenstand (15) lässt sich aus dem zeitlichen Verlauf der Unterbrechung ein genaues Mass für Lage und Abmessungen des Gegenstandes ableiten. Durch die Anwendung eines feinstufigen Drehgebers können die durch Trägheit oder andere äussere mechanische Einflüsse auftretende Verschiebungen zwischen den für die Messung miteinander zu vergleichenden Signalen ausgeschlossen werden und die Messgenauigkeit der Einrichtung erhöht werden.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Optisch-elektrische Messeinrichtung zum Messen der Lage und/oder Dimension von Gegenständen, mit einer Lichtquelle für einen scharf gebündelten Lichtstrahl, der von einem durch einen Motor angetriebenen Drehspiegel in eine Abtastebene ablenkbar ist, in der er durch Kollimationsmittel aus einer Schwenkbewegung in eine Parallelbewegung umlenkbar ist, in der er den Gegenstand abtastet, ferner mit einer auf der vom Drehspiegel abgewandten Seite des abzutastenden Gegenstandes befindlichen Empfangseinrichtung für den parallel bewegten Lichtstrahl zur Erzeugung elektrischer Signale, deren zeitlicher Verlauf von der Drehgeschwindigkeit des Motors und von den Unterbrechungen des Lichtstrahls beim Überstreichen des Gegenstandes abhängig ist, weiter mit einem Impulsgenerator, einer von diesem betriebenen Zählleinrichtung und einer Steuereinrichtung zum Steuern der Zählleinrichtung abhängig von den Signalen der Empfangseinrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem Motor (1) ein Drehgeber (3) verbunden ist, der winkelgeschwindigkeitsproportionale elektrische Signale erzeugt, und dass die Frequenz des Impulsgenerators (4) mittels einer diesem zugeordneten Frequenzregelschleife (5, 7, 8) steuerbar ist, in welche das Drehgebersignal als Bezugssignal einspeisbar ist.

2. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Impulsgenerator (4) mit einem nachgeschalteten Frequenzteiler (5), einer Frequenz- und Phasenvergleicherschaltung (7) und einem Regelverstärker (8) einen Frequenz- und Phasenregelkreis bildet, in dem die Frequenz des Impulsgenerators synchron mit der Frequenz der vom Drehgeber aufgenommenen, impulsförmigen Signale in einem durch den Frequenzteiler vorgegebenen Vielfachen erzeugt wird.

3. Messeinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Teilungsfaktor des Frequenzteilers (5) mittels einer Einstellschaltung (6) einstellbar ist.

4. Messeinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Impulse des Drehgebers (3) zusätzlich einem zweiten Zähler (26) zugeführt und gezählt werden, dass der Stelleingang des zweiten Zählers (26) mit einer Einrichtung (27, 3) zum Erzeugen eines Stellimpulses bei mindestens einer bestimmten Stellung des Motorläufers für das Stellen des zweiten Zählers (26) in einen bestimmten Zählerstand verbunden ist, dass der im zweiten Zähler (26) sich jeweils einstellende Zählerstand eindeutig elektrische Adressensignale bestimmt, die Adresseingängen einer Speicherschaltung (29) zugeleitet werden, deren Ausgangssignale den Eingängen der elektrischen Einstellschaltung (6) für das Einstellen des Teilungsfaktors des Frequenzteilers (5) zugeleitet werden, und dass in der Speicherschaltung (29) bei Adressierung die genannten Ausgangssignale bildende Signale gespeichert sind, die den Einfluss der durch das Kollimationsmittel (13) für die Umsetzung in parallele Bewegung des Lichtstrahles entstandenen Geschwindigkeitsschwankungen der parallelen Bewegung durch Nachregeln der Frequenz des Impulsgenerators (4) korrigieren.

5. Messeinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Erzeugung eines elektrischen Stellimpulses für den zweiten Zähler (26) dienende Einrichtung einen vom Abtastlichtstrahl zeitlich vor dem Eintritt in den Raum seiner parallelen Bewegung getroffenen zweiten Lichtempfänger (27) mit einer zugehörigen Signalerzeugungsschaltung enthält.

6. Messeinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Erzeugung eines elektrischen Stellimpulses für den zweiten Zähler (26) dienende Einrichtung von einem weiteren Signalausgang des Drehgebers (3) für die Ausgabe eines Impulses bei mindestens einer bestimmten Stellung des Drehgebers gebildet ist.

7. Messeinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehgeber (3) ein kodierter Drehwinkelgeber ist, dessen Ausgangssignale den Adresseingängen einer Speicherschaltung (29) zugeleitet werden, dass die Ausgangssignale dieser Speicherschaltung (29) den Eingängen der Einstellschaltung (6) für das Einstellen des Teilungsfaktors des Frequenzteilers (5) zugeleitet werden und dass in der Speicherschaltung (29) bei Adressierung die Speicherausgangssignale bildende Signale gespeichert sind, die den Einfluss der durch das Kollimationsmittel (13) für die Umsetzung in parallele Bewegung des Lichtstrahles entstandenen Geschwindigkeitsschwankungen der parallelen Bewegung durch Nachregeln der Frequenz des Impulsgenerators (4) korrigieren.

8. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die eine Voreilung bzw. eine Nacheilung signalisierenden Ausgangssignale der Frequenz- und Phasenvergleicherschaltung (7) zusätzlich den für Vorwärtszählung bzw. für Rückwärtszählung bestimmten Zähl-eingängen eines Vorwärts-Rückwärts-Zählers zugeleitet werden, dass der Vorwärts-Rückwärts-Zähler den Zählerstand signalisierende Ausgangssignale abgibt, dass diese Ausgangssignale den Eingängen einer Digital-Analog-Umsetzerschaltung zugeleitet werden und dass zur Unterdrückung von Frequenzseitenbändern im Impulsgenerator (4) der Analogausgang der Digital-Analog-Umsetzerschaltung derart mit dem Eingang des Regelverstärkers (8) im Frequenz- und Phasenregelkreis verbunden ist, dass der nach den thermischen Zuständen des Regelverstärkers (8) sich verändernde Eingangsvorstrom-Bedarf des Regelverstärkers durch die Veränderung des Zählerstandes des Vorwärts-Rückwärts-Zählers im wesentlichen ausgeglichen ist.

9. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Zählleinrichtung (24) zur Zählung der Impulse des Impulsgenerators (4) mit elektrischen Mitteln auf jeden erforderlichen Zählerstand einstellbar ist, dass die Zählleinrichtung (24) den Zählerstand signalisierende Ausgangssignale abgibt, die den Eingängen einer Speicherschaltung (31) zugeführt werden, deren dem Speicherinhalt entsprechende Speicher-Ausgangssignale einer Schaltung (32) für die Anzeige und/oder für die Weiterverarbeitung des der gemessenen Dimension wertmässig entsprechenden Speicherinhaltes zugeleitet werden, dass die Speicher-Ausgangssignale zusätzlich den Dateneingängen einer digital arbeitenden Rechenschaltung (33) zugeleitet werden, in der sie wertmässig mit der Differenz zwischen dem Wert eins und dem Reziprokwert eines grösseren Wertes als eins multipliziert werden, dass die Rechenschaltung (33) Ausgänge für wertmässig dem Produkt der vorgenannten Multiplikation entsprechende Signale hat, dass mittels dieser Signale die Zählleinrichtung (24) auf einem dem Produkt entsprechenden Zählerstand gestellt wird, dass eine elektrische Steuereinrichtung (34) nach Beendigung eines jeden, zeitlich von den Unterbrechungen des Lichtstrahles durch den zu messenden Gegenstand bestimmten Zählvorganges in der Zählleinrichtung die Speicherung der dem erreichten Zählerstand entsprechenden Ausgangssignale dieser Zählleinrichtung (24) in der Speicherschaltung (31) auslöst und nach einer für die Berechnung des neuen Wertes des vorgenannten Produktes benötigten Zeit das Stellen der Zählleinrichtung (24) auf den dem Produkt wertmässig entsprechenden Zählerstand bewirkt und dass jeder weitere Zählvorgang ab dem durch die Steuereinrichtung (34) im jeweils vorausgegangenen Messzyklus bewirkten Zählerstand auf diesen aufaddierend erfolgt und dadurch eine zeitliche Mittelung der das Messergebnis darstellenden Ausgangssignale der Speicherschaltung (31) und eine mit dem grösseren Wert als eins vervielfachte Auflösung des Messergebnisses erreicht wird (Fig. 3).

Die Erfindung betrifft eine optisch-elektrische Messeinrichtung zum Messen der Lage und/oder Dimension von Gegenständen, mit einer Lichtquelle für einen scharf gebündelten Lichtstrahl, der von einem durch einen Motor angetriebenen Drehspiegel in eine Abtastebene ablenkbar ist, in der er durch Kollimationsmittel aus einer Schwenkbewegung in eine Parallelbewegung umgelenkt wird, in der er den Gegenstand abtastet, ferner mit einer auf der vom Drehspiegel abgewandten Seite des abzutastenden Gegenstandes befindlichen Empfangseinrichtung für den parallel bewegten Lichtstrahl zur Erzeugung elektrischer Signale, deren zeitlicher Verlauf von der Drehgeschwindigkeit des Motors und von den Unterbrechungen des Lichtstrahles beim Überstreichen des Gegenstandes abhängig ist, weiter mit einem Impulsgenerator, einer von diesem betriebenen Zählleinrichtung und einer Steuereinrichtung zum Steuern der Zählleinrichtung abhängig von den Signalen der Empfangseinrichtung. Eine Einrichtung dieser Art ist beispielsweise aus der US-PS 3 765 774 bekannt. Bei dieser bekannten Einrichtung dient der Impulsgenerator nicht nur dazu, eine Eingangsgrösse für eine der Zählleinrichtung vorgeschaltete Logikschaltung oder Torschaltung zu liefern, die ihre zweite Eingangsgrösse von der Empfangseinrichtung für den Lichtstrahl erhält, sondern auch dazu, den mit dem Drehspiegel verbundenen Motor zu treiben. Der Motor kann jedoch in seiner mechanischen Drehbewegung Schwankungen unterliegen, die sich verstärkt auf die Ablenkbewegung des Lichtstrahles übertragen, womit dann keine exakte Beziehung zwischen der Lichtstrahlabtastbewegung und den sich daraus ergebenden Signalen der Empfangseinrichtung als dem einen Eingang zu der der Zählleinrichtung vorgeschalteten Logikschaltung und der Impulsfolge des Impulsgenerators als dem zweiten Eingang zu dieser Logikschaltung mehr vorhanden ist.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, systembedingte Fehler der vorstehend genannten Art bei der Bestimmung der Lage und/oder Dimension von Gegenständen, die mit dem Lichtstrahl abgetastet werden, in der Weise zu vermeiden, dass durch Trägheit oder andere äussere mechanische Einflüsse auftretende Verschiebungen zwischen den für die Messung miteinander zu vergleichenden Signalen ausgeschlossen werden und die Messgenauigkeit der Einrichtung erhöht werden kann.

Die Lösung dieser Aufgabe geschieht bei der eingangs kurz skizzierten Messeinrichtung in der Weise, dass mit dem Motor ein Drehgeber verbunden ist, der winkelgeschwindigkeitsproportionale elektrische Signale erzeugt und dass die Frequenz des Impulsgenerators mittels einer diesem zugeordneten Frequenzregelschleife steuerbar ist, in welche das Drehgebersignal als Bezugssignal einspeisbar ist.

Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform bildet der Impulsgenerator mit einem nachgeschalteten Frequenzteiler, einer Frequenz- und Phasenvergleicherschaltung und einem Regelverstärker einen Frequenz- und Phasenregelkreis, in dem die Frequenz des Impulsgenerators synchron mit der Frequenz der vom Drehgeber aufgenommenen, impulsförmigen Signale in einem durch den Frequenzteiler vorgegebenen Vielfachen erzeugt wird. Der Impulsgenerator wird also durch den feinstufigen Drehgeber, der unmittelbar mit dem Motor gekuppelt ist, gesteuert und somit besteht stets eine exakte Beziehung zwischen der Winkelstellung des Drehspiegels und den Impulsen, die dem einen Eingang der der Zählleinrichtung vorgeschalteten Logikschaltung oder Torschaltung zugeführt werden.

Es ist von Vorteil, wenn der Teilungsfaktor des Frequenzteilers einstellbar ist. Diese Massnahme ermöglicht es nämlich, die Genauigkeit der Messeinrichtung weiter zu erhöhen.

Bei exakter Betrachtung wird deutlich, dass der Lichtstrahl die Kollimationsmittel nicht mit konstanter Geschwin-

digkeit überstreicht, sondern die Geschwindigkeit des Lichtstrahlauftreffpunktes vom Aussenrand des ersten Kollimators bis zum Punkt des kürzesten Abstandes zwischen dem Drehspiegel und dem Kollimator abnimmt und dann bis zum gegenüberliegenden Aussenrand wieder ansteigt, so dass auch die Bewegung der zwischen den beiden Kollimationsmitteln in einer Ebene verlaufenden Lichtstrahlen nicht mit konstanter Geschwindigkeit abläuft und daher die Lage des zu messenden Gegenstandes bezüglich der Mitte des Abtastfeldes einen Einfluss auf das Messergebnis hat. Die Verfälschung ist um so grösser, je weiter der Öffnungswinkel des genutzten Fächers der Lichtstrahlen, die vom Drehspiegel ausgehen, ist.

Zur Beseitigung dieses Einflusses können die Impulse des Drehgebers zusätzlich einem zweiten Zähler zugeführt werden, dessen Stelleingang mit einer Einrichtung zum Erzeugen eines Stellimpulses bei mindestens einer bestimmten Stellung des Motorläufers für das Stellen des zweiten Zählers in einen bestimmten Zählerstand verbunden ist, wobei der im zweiten Zähler sich jeweils einstellende Zählerstand eindeutig elektrischen Ausgangssignalen zugeordnet ist, die Adresseneingängen einer Speicherschaltung zugeleitet werden, deren Ausgangssignale den Eingängen einer elektrischen Einstellschaltung für das Einstellen des Teilungsfaktors des Frequenzteilers zugeleitet werden. In der Speicherschaltung sind Signale gespeichert, die bei Adresseingabe als die genannten Ausgangssignale abgegeben werden und die in der Messeinrichtung den Einfluss der durch das Kollimationsmittel für die Umsetzung in parallele Bewegung des Lichtstrahles entstandenen Geschwindigkeitsschwankungen der parallelen Bewegung durch Nachregeln der Frequenz des Impulsgenerators korrigieren.

Es wird also Einfluss auf den einstellbaren Teilungsfaktor der Frequenzteilerschaltung genommen und dies mit Hilfe einer von der Drehstellung des Drehspiegels und damit der Strahlablenkstellung abhängigen Speicherprogrammierung getan.

Der benötigte Stellimpuls kann vom Drehgeber selbst über einen eigens dafür vorgesehenen Signalausgang für eine bestimmte Stellung des Drehgebers angehenden Impuls abgeleitet werden. Es ist aber auch möglich, als Drehgeber einen kodierten Drehwinkelgeber zu verwenden und dessen Ausgangssignale den Adresseingängen der Speicherschaltung zuzuleiten, was ohne Hinzuziehung oder Zwischenschaltung des zweiten Zählers erfolgen kann. Schliesslich besteht auch die Möglichkeit, von dem vom Drehspiegel abgelenkten Lichtstrahl zeitlich vor dem Eintritt in den Raum seiner parallelen Bewegung mittels eines zweiten Lichtempfängers das benötigte Drehstellungssignal abzuleiten, das dann als Nullstellungs- und Auslösesignal dem zweiten Zähler zugeführt wird.

Mit Hilfe weiterer Ausgestaltungen der Erfindung gemäss den abhängigen Patentansprüchen lässt sich die Messgenauigkeit zusätzlich erhöhen und lassen sich Fehlerquellen unterdrücken.

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung im einzelnen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 in schematisierter Darstellung den Grundaufbau der optisch-elektrischen Messeinrichtung mit ihrem elektrischen Schaltkreis in Blockdarstellung;

Fig. 2 die um Einzelheiten zur weiteren Verbesserung des Messergebnisses erweiterte Messschaltung gemäss Fig. 1;

Fig. 3 eine wiederum mit zusätzlichen Schaltungsteilen versehene Grundschaltung gemäss Fig. 1, mit der eine Erhöhung der Messgenauigkeit erreicht wird.

Es wird zunächst der Grundaufbau der optisch-elektrischen Messeinrichtung gemäss Fig. 1 beschrieben. Ein Elektromotor 1, der von einer Fremdquelle gespeist wird, treibt ei-

nen auf der Motorwelle sitzenden Drehspiegel 2 und zugleich einen feinstufigen Drehgeber 3 an. Der Drehgeber 3 erzeugt elektrische Impulse, der Frequenz der Drehgeschwindigkeit des Motors 1 proportional ist.

Im Gegensatz zu der bekannten, beschriebenen Einrichtung wird ein feinstufiger Drehgeber verwendet, d.h. ein Drehgeber mit feinerer Auflösung als ein durch die Polteilung eines Motors wirkender Drehgeber, um die durch Trägheit oder andere äussere mechanische Einflüsse auftretenden Verschiebungen zwischen den für die Messung miteinander zu vergleichenden Signalen auszuschliessen und die Messgenauigkeit der Einrichtung zu erhöhen. Der verwendete Drehgeber kann so ausgebildet werden, wie dies zur Erfassung der dem Motor anhaftenden Winkelgeschwindigkeitsschwankungen notwendig ist.

Von einer Lichtquelle 9, vorzugsweise einer Laserröhre oder einer anderen, für die Erzeugung eines scharf gebündelten Lichtstrahles geeigneten Lichtquelle, fällt ein Lichtstrahl 10 nach Umlenkung durch einen Spiegel 11 auf den Drehspiegel 2. Der während der Drehbewegung des Drehspiegels von diesem reflektierte Strahl 12 überstreicht schwenkend einen in einer Ebene liegenden Sektor und fällt dabei auf Kollimationsmittel 13, durch die die schwenkende Bewegung des Lichtstrahls in eine parallele Bewegung von Lichtstrahlen in einer Ebene 14 umgelenkt wird.

Innerhalb der von den parallelen Strahlen durchlaufenden Ebene 14 befindet sich ein zu vermessender Gegenstand 15, der den Strahlverlauf in einem Abschnitt 16 während einer Zeitspanne unterbricht, die für die Lage und die Abmessung des Gegenstandes kennzeichnend sind. Der nicht unterbrochene Strahlanteil 17 trifft nach Fokussierung durch eine Empfangsoptik 18 auf eine Photozelle 19, die ein dem zeitlichen Verlauf des Eintreffens des Strahls entsprechendes elektrisches Signal abgibt. Dieses Signal wird nach Verstärkung in einem Verstärker 20 und nach dem Durchlaufen eines Impulsformers 21 einer Logikschaltung 22 zugeführt, die aus den Pegelübergängen des Signals ein Steuersignal erzeugt, das in seiner zeitlichen Dauer das zu ermittelnde Mass des Gegenstandes 15 kennzeichnet. Das Ausgangssignal der Logikschaltung 22 wird dem ersten Eingang einer logischen Undverknüpfungsschaltung 23 zugeleitet.

Ein Impulsgenerator 4 gibt über eine Frequenzteilerschaltung 5, deren Teilungsfaktor durch eine Teilungsfaktoreinstellungsschaltung 6 beeinflussbar ist, seine Impulse an einen Frequenz- und Phasenvergleichler 7 ab, dem als zweite Vergleichsgrösse die Ausgangsimpulse des feinstufigen Drehgebers 3 zugeführt werden. Das Vergleichsergebnis sind evtl. Frequenzabweichungen zwischen den Impulsen des Drehgebers 3 und denen des Impulsgenerators, welche über einen Regelverstärker 8 dem Impulsgenerator als beeinflussende Steuergrösse wieder zugeführt werden, wodurch dieser auf eine Frequenz eingestellt wird, die mit der Frequenz des feinstufigen Drehgebers 3 synchron ist. Durch den Frequenzteiler 5 ist also die Frequenz des Impulsgenerators 4 ein genaues bestimmtes Vielfaches der Frequenz des Drehgebers 3.

Die Impulse des Impulsgenerators 4 werden der logischen Undverknüpfungsschaltung 23 als zweite Eingangsgrösse zugeführt, so dass am Ausgang der Undverknüpfungsschaltung 23 Impulsgruppen abgegeben werden, die einer Zähl- und Anzeigevorrichtung eingegeben werden und deren Impulszahl ein Mass für Lage und Abmessung des zu ermittelnden Gegenstandes ist.

Durch die Verwendung des Frequenz- und Phasenregelkreises wird ein Gleichlauf zwischen der Frequenz des Impulsgenerators 4 und der Geschwindigkeit der parallelen Bewegung des abtastenden Lichtstrahls erreicht. Auf diese Weise ist die Anzeige am Zählgerät 24 unabhängig von Schwankungen der Drehgeschwindigkeit des Motors 1 und

entspricht genau dem zu ermittelnden Mass des Gegenstandes 15. Die Anzeige des Zählgerätes 24 lässt sich durch entsprechende Einstellung des Teilungsfaktors der Frequenzteilerschaltung 6, 5 mit dem zu ermittelnden Mass in Zusammen-

hang bringen. Die Fig. 2 zeigt gegenüber der Grundschialtung nach Fig. 1 durch ergänzende Bauteile erweiterte Ausführungen, mit deren Hilfe ein Eingriff in die Einstellung des Teilungsfaktors vorgenommen werden kann, der eine durch die Verschwenkung des Lichtstrahls 12 durch den Drehspiegel bedingte Ungenauigkeit ausgleicht. Es ist nämlich zu bedenken, dass strenggenommen die in der Ebene 14 parallel laufenden Lichtstrahlen sich im Randbereich der Ebene schneller bewegen als im Mittelbereich, so dass je nach Stellung des Gegenstandes 15 in der Ebene 14 unterschiedliche Messergebnisse entstehen können. Eine erste Ausführungsform zur Lösung dieses Problems ist in der Fig. 2 mit ausgezogenen Linien seiner die Schaltung gem. Fig. 1 ergänzenden Schaltungsverbindungen dargestellt. Danach werden über eine Leitungsverbindung 25 die Impulse des Drehgebers 3 zusätzlich einem weiteren Zähler 26 zugeleitet, dessen Stelleingang mit einer Einrichtung zum Erzeugen eines Stellimpulses bei mindestens einer bestimmten Stellung des Läufers des Motors 1 für das Stellen des zweiten Zählers 26 in einen bestimmten Zählerstand verbunden ist. Diese Einrichtung ist in der mit ausgezogenen Linien dargestellten ersten Ausführungsform ein zweiter Lichtstrahlempfänger 27, der vom Lichtstrahl 12 zeitlich unmittelbar vor dem Eintritt des Lichtstrahls 12 in den Raum seiner parallelen Bewegung getroffen wird. Der Lichtstrahlempfänger 27 gibt dann ein Stellsignal als Stellimpuls auf den Stelleingang des Zählers 26 ab.

Es ist jedoch auch möglich, statt des zweiten Lichtstrahlempfängers 27 den Drehgeber 3 selbst als Einrichtung zur Erzeugung eines Stellimpulses zu benutzen und von diesem von einem eigenen Signalausgang über die in der Fig. 2 gestrichelt dargestellte Leitungsverbindung 28 den Stellimpuls an den Stelleingang des zweiten Zählers 26 abzugeben. Selbstverständlich kann der zweite Lichtempfänger 27 und die zugehörige Verbindungsleitung dann entfallen.

Der im zweiten Zähler 26 sich jeweils einstellende Zählerstand ist eindeutig elektrischen Ausgangssignalen zugeordnet, die Adresseneingängen eines Speichers 29 zugeleitet werden, deren Ausgangssignale den Eingängen der elektrischen Einstellschaltung für das Einstellen des Teilungsfaktors des Frequenzteilers 5 zugeleitet werden, wobei in der Speicherschaltung Signale gespeichert sind, die in der Messeinrichtung den Einfluss der durch das Kollimationsmittel 13 für die Umsetzung in parallele Bewegung des Lichtstrahles entstandenen Geschwindigkeitsschwankungen der parallelen Bewegung durch Nachregeln der Frequenz des Impulsgenerators 4 korrigieren.

Schliesslich ist es in einer dritten, durch strichpunktierte Leitungsverbindungen in der Fig. 2 angedeuteten Ausführungsform auch möglich, als Drehgeber 3 einen kodierten Drehwinkelgeber zu verwenden und dessen Ausgangssignale den Adresseingängen über die Leitung 30 der Speicherschaltung 29 unmittelbar zuzuführen und so die gewünschte Korrektur der Impulsgeneratorfrequenz während eines Überstreichens der Ebene 14 durch den Lichtstrahl anzubringen.

In der Fig. 3 hat die Grundschialtung nach Fig. 1 eine weitere Ergänzung erfahren, die sowohl für sich allein, als auch in Verbindung mit den Schaltungsvarianten der Fig. 2 einsetzbar ist. Danach wird an die Zählrichtung 24 zur Zählung der Impulse des Impulsgenerators 4, die mit elektrischen Mitteln auf jeden erforderlichen Zählerstand stellbar ist, eine Speicherschaltung 31 angeschlossen, der die den Zählerstand der Zählrichtung 24 signalisierenden Ausgangssignale zugeführt werden. Die dem Speicherinhalt entsprechenden

Speicherausgangssignale werden einer Schaltung 32 für die Anzeige und gegebenenfalls auch Weiterverarbeitung des der gemessenen Dimension entsprechenden Speichereinhaltes zugeleitet, und ausserdem gehen diese Speicherausgangssignale den Dateneingängen einer digital arbeitenden Rechenschaltung 33 zu, wo sie wertmässig mit der Differenz zwischen dem Wert eins und dem Reziprokwert eines grösseren Wertes als eins multipliziert werden. Mit Hilfe der so gebildeten Ausgangssignale der Rechenschaltung 33 wird die Zählrichtung 24 auf einen dem Produkt entsprechenden Zählerstand gestellt, und eine elektrische Steuereinrichtung 34 löst nach Beendigung eines jeden, zeitlich von den Unterbrechungen des Lichtstrahles durch den zu messenden Gegenstand bestimmten Zählvorganges in der Zählrichtung die Speicherung der dem erreichten Zählerstand entsprechenden Ausgangssignale dieser Zählrichtung in der Speicherschaltung aus und bewirkt nach einer für die Berechnung des neuen Wertes des vorgenannten Produktes benötigten Zeit das Stellen der Zählrichtung auf den dem Produkt wertmässig entsprechenden Zählerstand. Jeder weitere Zählvorgang erfolgt ab dem durch die Steuereinrichtung im jeweils vorausgegangenen Messzyklus bewirkten Zählerstand auf diesen aufaddierend, was eine zeitliche Mittelung der das Messergebnis darstellenden Ausgangssignale der Speicherschaltung 31 und eine mit dem grösseren Wert als eins vervielfachte Auflösung des Messergebnisses zur Folge hat.

Einen weiteren korrigierenden Zusatz kann der Grundschaltungsaufbau durch folgende Ergänzung erhalten. Die eine Voreilung bzw. eine Nacheilung signalisierenden Ausgangssignale der Frequenz- und Phasenvergleichsschaltung 7 werden zusätzlich den für Vorwärtszählung bzw. für Rückwärtszählung bestimmten Zählwegen eines Vorwärts-Rückwärts-Zählers zugeleitet, der seinen Zählerstand signalisierende Ausgangssignale abgibt, welche den Eingängen einer Digital-Analog-Umsetzerschaltung zugeleitet werden. Zur Unterdrückung von Frequenz-Seitenbändern im Impulsgenerator wird der Analogausgang der Digital-Analog-Umsetzerschaltung derart mit dem Eingang des Regelverstärkers 8 im Frequenz- und Phasenregelkreis verbunden, dass der nach den thermischen Zuständen des Regelverstärkers 8 sich verändernde Eingangsvorstrom-Bedarf des Regelverstärkers 8 durch die Veränderung des Zählerstandes des Vorwärts-Rückwärts-Zählers im wesentlichen ausgeglichen ist. Diese zusätzliche Hilfsmassnahme ist in den Figuren der Zeichnung nicht besonders dargestellt, kann vom Fachmann jedoch aus den vorstehenden Angaben leicht hinzugefügt werden. Die vorstehende Beschreibung einzelner Ausführungsbeispiele der Erfindung lässt erkennen, dass gegenüber den bekannten optisch-elektrischen Messeinrichtungen Störfaktoren ausgeschaltet sind und die Messgenauigkeit wesentlich erhöht werden konnte.

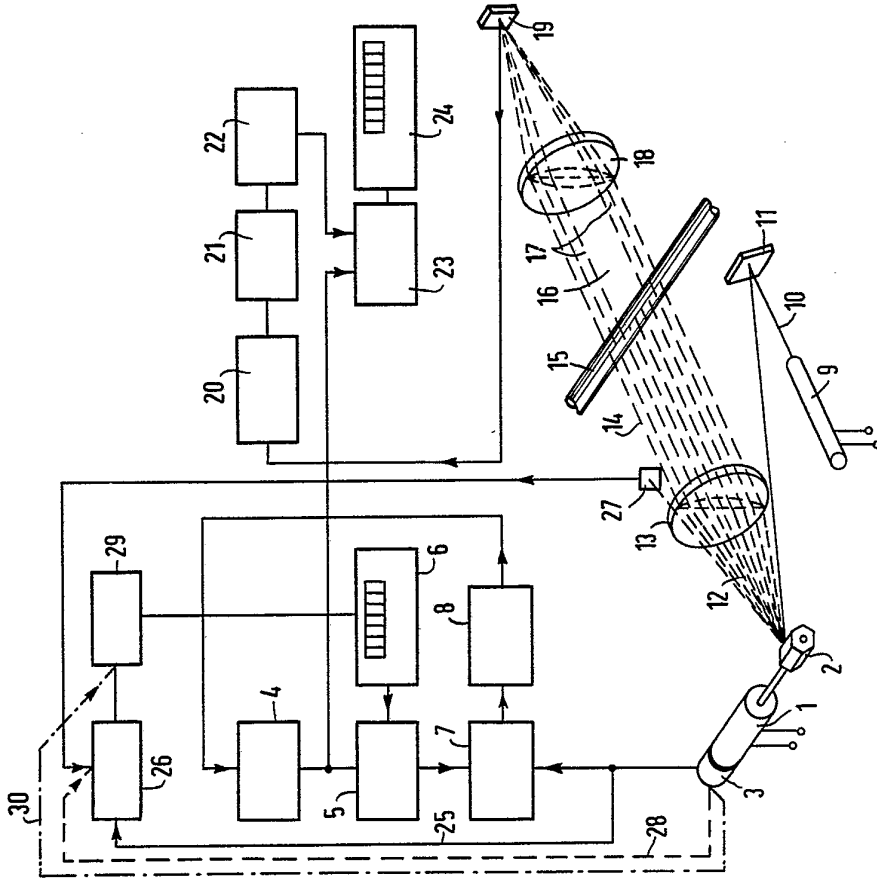


FIG. 2

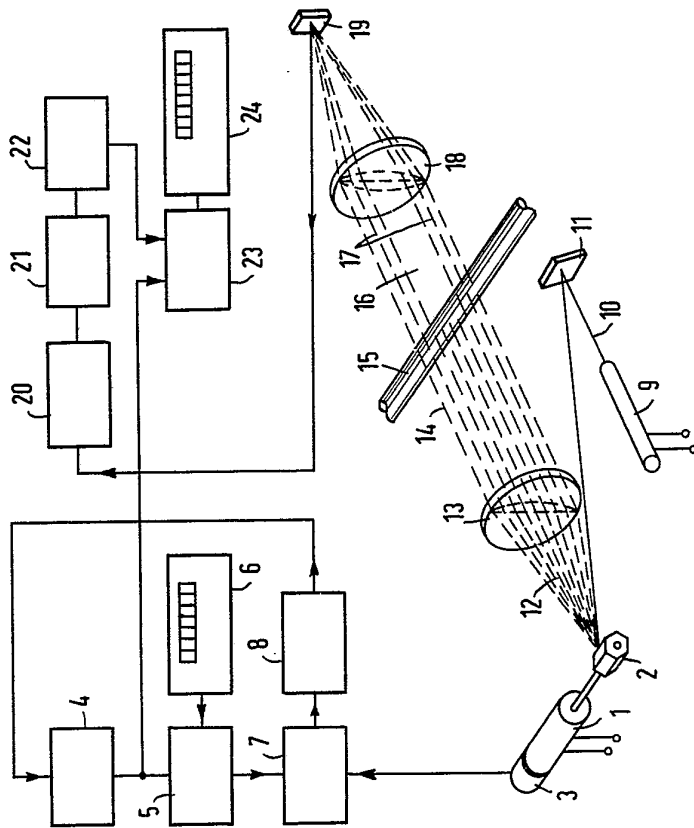


FIG. 1

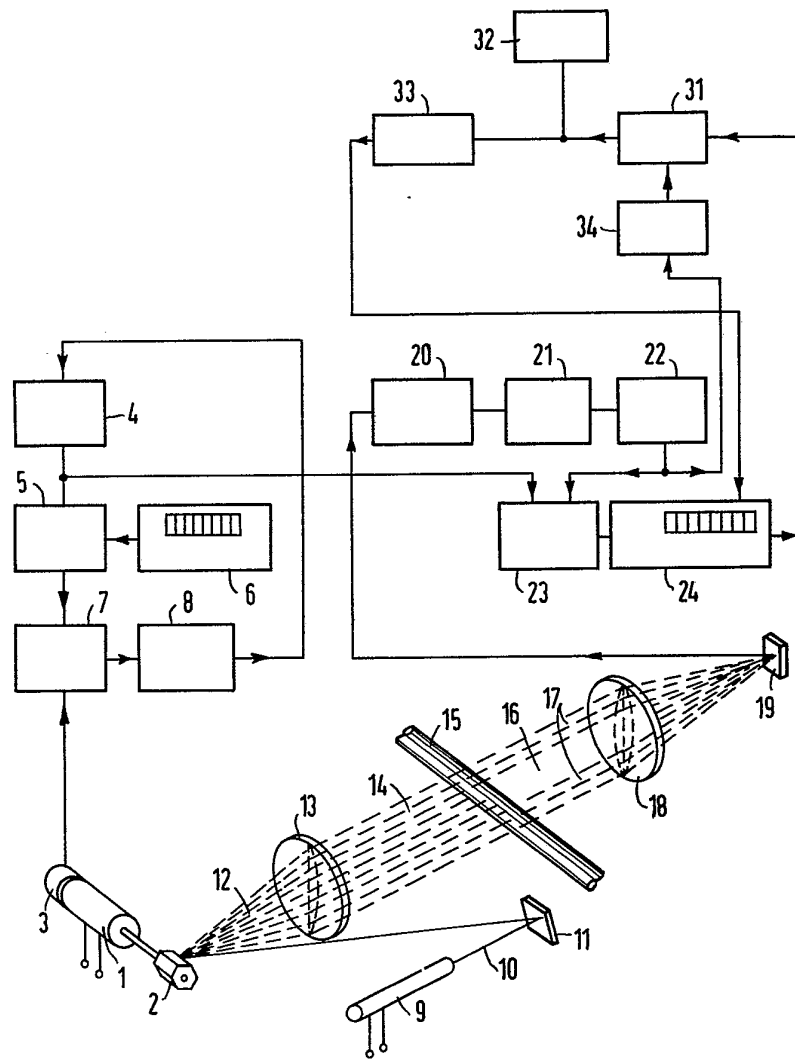


FIG. 3