



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 103 46 741 B3 2005.03.24

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 103 46 741.6

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: G05D 25/02

(22) Anmelddetag: 08.10.2003

G01D 5/26

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 24.03.2005

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:

Mechaless Systems GmbH, 76131 Karlsruhe, DE

(74) Vertreter:

Patentanwälte Reinhardt & Pohlmann  
Partnerschaft, 75172 Pforzheim

(72) Erfinder:

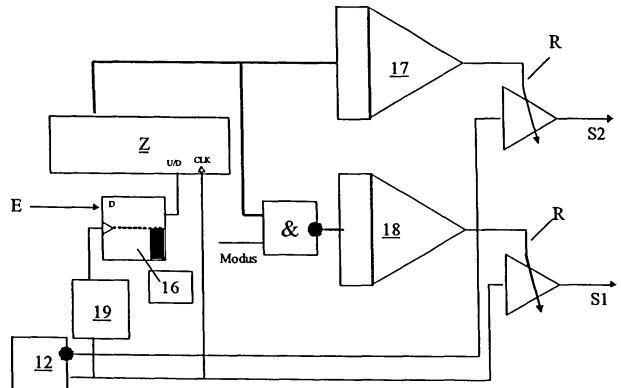
Reime, Gerd, 75328 Schömberg, DE; Langer,  
Peter, Dr., 76227 Karlsruhe, DE; Domokos,  
Michael, 75057 Kürnbach, DE; Spiegel, Egbert, Dr.,  
45891 Gelsenkirchen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 103 00 223 B3  
EP 07 06 648 B1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bestimmung und/oder Auswertung eines differentiellen optischen Signals**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Bestimmung und/oder Auswertung eines differentiellen, optischen Signals sind wenigstens zwei erste Lichtquellen (S1, S2), die Licht zeitsequenziell getaktet, phasenweise aussenden, und wenigstens ein Empfänger (E) zum Empfang zumindest des von den ersten Lichtquellen (S1, S2) stammenden takt synchronen Wechsellichtanteils vorgesehen. Die in die Messanordnung durch wenigstens eine Lichtquelle (S1, S2) eingestrahlte Lichtintensität wird so geregelt, dass der takt synchrone Wechsellichtanteil, der zwischen verschiedenen Phasen auftritt, am Empfänger (E) zu Null wird. Dadurch, dass zur Regelung der eingestrahlten Lichtintensität das Empfangssignal am Empfänger (E) bezüglich der Phasenlage bestimmt wird und damit die Stellgröße (R) unmittelbar oder durch Stromaddition am Empfänger erzeugt wird, wird eine vereinfachte digitale Implementierung dieses Verfahrens möglichst ohne Verlust der Empfänglichkeit geschaffen.



**Beschreibung****Gebiet der Erfindung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung und/oder Auswertung eines differentiellen optischen Signals nach dem Oberbegriff der Ansprüche 1 oder 4.

**[0002]** Photodioden weisen für moduliertes Licht eine von der absoluten Helligkeit abhängige Sensitivität auf, den sogenannten „ambient light effect“. Somit hängt das Empfangssignal einer Reflexionslichtschranke nicht nur vom zu messenden Reflexionsgrad, sondern auch vom Umgebungslicht ab. Damit ist die Auswertung des Empfangssignals bei stark schwankenden Umgebungslichtverhältnissen nicht mehr zuverlässig möglich.

**Stand der Technik**

**[0003]** Aus der dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 4 zu Grunde liegenden EP 706 648 B1 ist ein Messverfahren bekannt, bei dem die Übertragungsfunktion der Photodiode eliminiert wird. Hierzu senden wenigstens zwei Lichtquellen abwechselnd auf wenigstens einen Empfänger, wobei diese so geregelt werden, dass sie aus Sicht des Empfängers stets gleich hell leuchten. Das Empfangssignal der Photodiode dient somit lediglich dem Vergleich von zwei zeitnah empfangenen Signalen. Senden die beiden Lichtquellen ein gegenphasiges Rechtecksignal, so ergibt sich im ausgeregelten Kreis ein Empfangssignal von Null. D.h. die Verstärkung des Empfängers kann beliebig hoch gewählt werden, da das bandpassgefilterte Empfangssignal nur bewertet wird. Ist die eine Lichtquelle zu stark, so entspricht das Empfangssignal ihrem Takt und umgekehrt. Eine nachfolgende Schaltung erkennt dies und regelt die Intensität der Lichtquellen entsprechend nach.

**[0004]** Grundlegend existieren für eine derartige Regelung mit z.B. zwei Lichtquellen zwei unterschiedliche Regelverfahren:

1. Eine Lichtquelle sendet stets mit konstantem Pegel, die andere Lichtquelle wird nachgeregelt. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn eine Lichtquelle zum Messobjekt leuchtet, während die andere direkt in den Empfänger einstrahlt.
2. Beide Lichtquellen werden stets so geregelt, dass ihre Summenintensität gleich bleibt. Dies ist sinnvoll, wenn beide Lichtquellen das Messobjekt beleuchten.

**[0005]** Die beiden Regelverfahren können auch kombiniert werden. Allerdings muss sichergestellt sein, dass die Regelbedingung nicht durch Ausschalten von beiden Lichtquellen erfüllt wird. In den zur Erläuterung herangezogenen folgenden Formeln haben die Formelzeichen folgende Bedeutung:

Formelzeichen	Bedeutung
$I_1$	Steuergröße von Sender 1
$I_2$	Steuergröße von Sender 2
$I_m$	Maximalwert der Steuergröße
$k$	Konversionsfaktor zwischen Steuergröße und Strahlungsfluss der Lichtquelle
$\Phi_1$	Ausgesandter Strahlungsfluss von Lichtquelle 1
$\Phi_2$	Ausgesandter Strahlungsfluss von Lichtquelle 2
$D_1$	Dämpfungsfaktor für den Lichtweg von Lichtquelle 1 zum Empfänger
$D_2$	Dämpfungsfaktor für den Lichtweg von Lichtquelle 2 zum Empfänger
$f_e$	Monotone Übertragungsfunktion des Empfängers

**[0006]** Es wird vorausgesetzt, dass die Konversionsfunktion der Lichtquelle zwischen Steuergröße und Strahlungsfluss für die folgenden Gleichungen linear ist.

$$\Phi_1 = k \cdot I_1 \quad (1.1)$$

$$\Phi_2 = k \cdot I_2 \quad (1.2)$$

**[0007]** Die Regelbedingung lautet:

$$f_e(\Phi_1 \cdot D_1) = f_e(\Phi_2 \cdot D_2) \quad (1.3)$$

unter Benutzung von Gleichung 1.1 und 1.2 ergibt sich:

$$I_1 \cdot D_1 = I_2 \cdot D_2 \quad (1.4)$$

**[0008]** Für das Regelprinzip 1 führt die folgende Zusatzbedingung ein:

$$I_1 = I_m \quad (1.5)$$

**[0009]** Damit ist  $I_2$  Ausgangssignal und ergibt sich zu:

$$I_2 = \frac{I_m \cdot D_1}{D_2} \quad (1.6)$$

**[0010]** Bei Anwendung des Regelprinzips 2 gilt die Zusatzbedingung:

$$I_1 + I_2 = I_m$$

**[0011]** Daraus folgt für beispielsweise  $I_2$ :

$$I_2 = \frac{I_m \cdot D_1}{D_1 + D_2} \quad (1.7)$$

**[0012]** In Fig. 1 ist das Regelverfahren 1 als Blockschaltbild wiedergegeben. Zwei erste Lichtquellen S1, S2, hier LEDs, senden rechteckförmig moduliertes Licht im Gegentakt zum Empfänger E. Eine Sendeamplitude ist regelbar. Der Empfänger mit Bandpasscharakteristik verstärkt das Empfangssignal und führt es einem Regler **10** zu. Dieser Regler, in PI-Ausführung, stellt nun die Amplitude der regelbaren ersten Lichtquelle S1 so nach, dass das Wechselseignal am Empfängerausgang null wird. Der Regler **10** bewertet hierzu das Empfangssignal synchron zum Sendertakt, um so die Regelrichtung zu detektieren. Der Regler **10** zerfällt in zwei Teile: einer Detektion, welcher Sender stärker ist, und einem Integrator zur Erzeugung der Stellgröße.

**[0013]** Bis jetzt werden zur Realisierung des Detektors im Wesentlichen die folgenden Verfahren angewandt:

- Das Empfangssignal wird in jeder Halbperiode abgetastet und die Differenz der beiden Abtastwerte bezüglich des Vorzeichens bewertet.
- Das Empfangssignal wird synchron demoduliert und das Vorzeichen des Demodulationsproduktes zur Steuerung des Integrators verwendet.

**[0014]** Die Integration erfolgt bei der bisher analogen Realisierung durch eine klassische Integratorschaltung, bei einer digitalen Realisierung ist der Integrator ein vom Takt gesteuerter Zähler, dessen Zählrichtung durch das ermittelte Vorzeichen gesteuert wird.

**[0015]** Da die bisherige digitale Implementierung eine direkte Umsetzung des analogen Regelkreises darstellt, werden nicht die Vorteile eines rein digitalen Systems genutzt. Insbesondere treten in der Vorzeichenerkennung Analogspannungen auf, die sehr empfindlich verglichen werden müssen, ohne ein Schwingen des Systems zu verursachen. Hierzu wird meist eine Hysterese verwendet, die die Systemempfindlichkeit herabsetzt.

#### Aufgabenstellung

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0016]** Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, eine vereinfachte digitale Implementierung dieses Verfahrens möglichst ohne Verlust der Empfindlichkeit zu schaffen.

**[0017]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen der Ansprüche 1 oder 4 gelöst.

**[0018]** Diese Lösungen beruhen auf der Beobachtung, dass zur Beurteilung, welcher Sender stärker sendet es ausreichend ist, das Empfangssignal bezüglich der Phasenlage zu beurteilen. Eine zusätzliche Betrachtung der Amplitude ist grundsätzlich nicht erforderlich. Aufgrund dieser Erkenntnis lassen sich digitale Ausgestaltungen schnell und günstig realisieren, ohne dass es zu Fehlsignalen kommt. Dabei besteht sowohl die Mög-

lichkeit, die so gewonnene Regelgröße als Licht über einen der Sender oder eine weitere Lichtquelle als Kompensationslichtquelle wieder in die Regelstrecke einzubringen, alternativ kann aber auch das so gewonnene Signal als Stromsignal am Empfänger hinzugefügt werden. Die zweite Alternative berücksichtigt zwar nicht sämtliche Störeinflüsse, die sich aufgrund der verwendeten Bauteile ergeben können, unter Umständen genügt jedoch eine derartige Lösung insbesondere für günstigere Ausführungsformen, bei denen es eventuell nicht auf eine vollständige Positions- oder Annäherungserkennung ankommt.

**[0019]** Bei einer Ausgestaltung nach Anspruch 2 erfolgt die Kompensation über die Lichtquellen selbst. Auch hier besteht die Möglichkeit, den als Regelgröße ermittelten Strom entsprechend skaliert dem Strom der entsprechend schwächeren Lichtquelle hinzuzufügen. Das Umschalten der Phasenlage ist dann gleichbedeutend mit dem Umschalten dieses zusätzlichen Stromes von der einen LED auf die andere. Weitere Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

#### Ausführungsbeispiel

**[0020]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand der beigefügten Figuren näher erläutert. Es zeigen:

**[0021]** **Fig. 1** Ein Blockschaltbild eines Verfahrens zur Ermittlung eines fremdlichtunabhängigen optischen Signals nach dem Stand der Technik,

**[0022]** **Fig. 2** Signalverläufe in einem Regelkreis gemäß **Fig. 1**,

**[0023]** **Fig. 3, 4** verschiedene Ausführungsformen für einen Empfänger,

**[0024]** **Fig. 5, 6** Blockschaltbilder für eine digitale Steuerung eines derartigen Verfahrens,

**[0025]** **Fig. 7** ein Blockschaltbild für eine Regelung mit einer gesonderten Kompensationslichtquelle.

#### Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele

**[0026]** Die Figuren zeigen ein Verfahren zur Bestimmung und/oder Auswertung eines differenziellen optischen Signals mit wenigstens zwei ersten Lichtquellen S1, S2, die Licht zeitsequenziell getaktet, phasenweise aussenden. Zum Empfang des so ausgesandten Signals ist wenigstens ein Empfänger E vorgesehen, der den von den ersten Lichtquellen S1, S2 stammenden taktsynchronen Wechsellichtanteil empfängt. Die in der Messanordnung durch wenigstens eine Lichtquelle S1, S2, die auch eine Kompensationslichtquelle K sein kann, eingestrahlte Lichtintensität wird dann so geregelt, dass der taktsynchrone Wechsellichtanteil, der zwischen den verschiedenen Phasen auftritt, am Empfänger E zu Null wird. Dies wurde eingangs in der Beschreibungs-einleitung näher erläutert.

**[0027]** Hiervon ausgehend wird im Folgenden nun allgemein das verfolgte Prinzip erläutert, bevor dann auf die genaueren Implementierungen gemäß den **Fig. 5** bis **7** eingegangen wird.

**[0028]** Zur Regelung der eingestrahlten Lichtintensität wird nicht mehr das Empfangssignal wie bei einer analogen Auswertung hinsichtlich seiner Amplitude beurteilt und bewertet, sondern stattdessen wird das Empfangssignal am Empfänger E bezüglich der Phasenlage bestimmt und damit eine Stellgröße erzeugt. Diese Stellgröße R kann entweder als Lichtsignal durch einen entsprechenden Strom an wenigstens einer der ersten Lichtquellen S1, S2 übermittelt werden, es ist jedoch ebenso möglich, das Ganze durch ein Stromsignal dem Empfänger durch Stromaddition zuzuleiten. Die weitere Lichtquelle, die die Lichtintensität regelt, kann insofern eine der ersten Lichtquellen S1, S2 sein. Alternativ kann es aber auch eine weitere Lichtquelle K sein, die dem Empfänger zugeordnet ist, wobei durch diese weitere Lichtquelle K die Regelung so erfolgt, dass sie ihre Phase wechselt, indem diese weitere Lichtquelle K über wenigstens ein ExOr-Gatter **21** oder wenigstens ein Ex-Nor-Gatter angesteuert wird.

**[0029]** Zur Erzeugung der Stellgröße R wird der ganzzahlige Wert der Phasenlage, also z.B. +1 oder -1 entsprechend  $0^\circ$  oder  $180^\circ$  mittels eines Zählers Z integriert. Das digitalisierte Empfangssignal wird als Richtungs-signal für den Empfänger E verwendet. Das Empfangssignal wird einem Flip-Flop **11** zugeführt, wobei der Takt des Flip-Flops so aus dem Sendetakt abgeleitet wird, dass als Steuersignal für die Zählrichtung des Zählers Z das Signal der einen der ersten Lichtquellen S1 phasenrichtig und das Signal der anderen der ersten Licht-quellen S2 invertiert wiedergegeben wird (**Fig. 5**). Alternativ kann auch das digitalisierte Empfangssignal als Taktsignal für den Zähler Z verwendet werden, während die Zählrichtung durch den Takt eines den Takt der

ersten Lichtquelle S1, S2 bestimmenden Taktgebers **12** vorgegeben wird (**Fig. 6**). Das Empfangssignal weist gegenüber dem Takt des Taktgebers **12** in letzterem Fall eine Phasenverschiebung von vorzugsweise  $90^\circ$  auf. Vorzugsweise wird das Empfangssignal als Zählertakt im Zeitbereich der Flanke des Takts zwischengespeichert.

**[0030]** Um ein schnelleres Hochfahren des Zählers Z zu erreichen, kann der Zählerstand des Zählers Z bedarfsweise vorgegeben sein oder ist ggf. softwaremäßig vorgebbar. Um die Auflösung des Reglers möglichst vollständig auszunutzen, kann ergänzend die Stellgröße R einen vorgegebenen oder vorgebbaren, festen Anteil aufweisen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn im konkreten Anwendungsfall stets nur ein bestimmter Regelbereich benutzt wird. Für den dann verbleibenden Regelbereich, der durch den variablen Anteil der Stellgröße bestimmt wird, ergibt sich damit eine erheblich gesteigerte Auflösung. Dieser variable Anteil der Stellgröße wird zu dem festen Anteil durch Stromaddition z. B. an der Lichtquelle S1, S2, K addiert. Ergänzend kann die Stellgröße R durch Stromaddition zu der oder den schwächeren Lichtquellen S1, S2, K taktweise hinzugefügt werden.

**[0031]** Unter Bezug auf die Figuren wird nun die Erfindung an Ausführungsbeispielen noch näher erläutert. Gemäß **Fig. 2** entspricht das Empfängersignal dem Takt von Sender S1 oder von Sender S2. Zusätzlich liegt eine zusätzliche Phasenverschiebung d vor, die durch die Übertragungsfunktion der LED-Treiber, dem Empfänger und zu einem geringen Anteil von der Lichtlaufzeit verursacht wird. In **Fig. 2** sind die Signalverläufe dargestellt. Von oben nach unten sind die Sendesignale des Senders S1 und des Senders S2 sowie dann die zugehörigen Empfangssignale E(S1) und E(S2) dargestellt, bei denen entweder Sender S1 oder S2 je nach Phase überwiegt.

**[0032]** Beiden im Folgenden vorgestellten Implementierungen ist gemeinsam, dass das Empfangssignal bis zur Begrenzung verstärkt wird, sodass ein Rechtecksignal vorliegt. Dieses Rechtecksignal kann gemäß **Fig. 3** mittels eines Komparators **14** aus dem hochpassgefilterten Empfangssignal gewonnen werden, oder gemäß **Fig. 4** durch eine erste begrenzende Verstärkung mittels eines Transimpedanzverstärkers **13** und eines Amplitudenbegrenzers **15**, die in einer nachfolgenden Stufe auf den benötigten digitalen Pegel umgesetzt wird. Diese zweite Realisierung hat den Vorteil, dass die Sättigungseffekte bei Verstärkern bzw. die unterschiedlichen Schaltzeiten für die steigende und fallende Flanke bei Komparatoren vermieden werden.

**[0033]** Die Implementierung kann gemäß **Fig. 5** so erfolgen, dass das digitalisierte Empfangssignal der Datenleitung eines D-Flip-Flops **16** zugeführt wird. Der Takt für das Flip-Flop wird – bedarfsweise mittel Verzögerungsschaltung **19** verzögert – so aus dem Sendetakt des Taktgebers **12** abgeleitet, dass beispielsweise das Taktsignal von Sender S1 phasenrichtig und das von Sender S2 invertiert reproduziert wird. Diese so gespeicherten Werte dienen als Steuersignal für die Zählrichtung des Zählers Z. Der Zählerstand wird mittels eines DA-Umsetzers **17, 18** in die Sendeamplitude von beispielsweise Sender S2 umgesetzt. Gemäß den beiden eingangs genannten Regelmöglichkeiten wird bei Bedarf die Sendeleistung von Sender S1 mit dem invertierten Zählerstand oder dem invertierten DA-Umsetzer-Ergebnis angesteuert. Im ausgeregelten Zustand schwankt der Zähler Z stets um einen Zählschritt periodisch auf und ab im vorgegebenen Takt. Der Empfänger E steuert damit die Richtung des Zählers Z. Merkmale dieser Implementierung sind:

- Ein Zählschritt je Periode
- Der Empfänger E muss lediglich die Phase regenerieren
- Der Empfänger E kann mit extrem hoher Verstärkung ausgelegt werden
- Ein Takt synchroner Betrieb des Zählers Z
- Eine Schaltung zur Erzeugung eines Abtastimpulses

**[0034]** Bei der alternativen Implementierung gemäß **Fig. 6** weist das digitalisierte Empfangssignal gegenüber dem Takt eine Phasenverschiebung von typischerweise  $90^\circ$  auf. Dies kann beispielsweise durch einen Bandpass im Empfänger E erreicht werden. Dieses Empfangssignal dient als Takt für den Zähler Z, während die Zählrichtung durch den Takt vorgegeben ist. Zur Vermeidung von unerlaubten Flankenüberschneidungen wird das als Zählertakt dienende Empfangssignal kurz vor und nach jeder Flanke des als Zählrichtung dienenden Taktes zwischengespeichert. Im Übrigen werden die DA-Umsetzer **17, 18** wie in **Fig. 5** verwendet. Merkmale dieser Implementierung sind:

- Ein Zählschritt je Periode, bei Richtungswechsel je Halbperiode
- Der Empfänger muss lediglich Phase regenerieren, Phasenverschiebung ist notwendig
- Der Empfänger kann mit extrem hoher Verstärkung ausgelegt werden
- Ein asynchroner Takt des Zählers
- Eine Schaltung zur Verriegelung des Empfangssignals bei Flankenwechsel des Taktes ist notwendig

**[0035]** Wie bei der Implementierung gemäß **Fig. 5** wird der Zählerstand auf die Sendertreiber umgesetzt.

**[0036]** Aus der DE 103 00 223 B3 ist ein Verfahren zur phasenkorrekten Kompensation eines differentiellen optischen Signals bekannt. Wesentlich ist hier, dass der einzige geregelte Sender, meist eine weitere Lichtquelle K als Kompensator, seine Phase wechseln muss. Der Offenbarungsgehalt dieser Schrift wird hiermit auch zum Gegenstand der vorliegenden Erfindung gemacht. Soweit dies für dies Erfindung von Bedeutung ist, wird jedoch im Folgenden der Inhalt jener Schrift erläutert. Prinzipiell wird dann, wenn eine Lichtquelle Licht aussendet, in einer Photodiode, die dieses Licht z.B. nach Reflexion von einem Gegenstand erhält, ein takt-synchrones elektrisches Signal erzeugt. Sendet also z.B. die Leuchtdiode Licht mit einer Taktfrequenz von 40 KHz aus, wird die Photodiode ein entsprechendes Signal mit der gleichen Frequenz und nahezu gleicher Phase erzeugen. Betrachtet man nun bei zwei getaktet betriebenen Leuchtdioden den hier relevanten Wechsellichtanteil bezüglich der Sendephase von  $0^\circ$ , so kann dieser Wechsellichtanteil positiv und negativ sein, d.h. eine Phase von  $0^\circ$  oder  $180^\circ$  aufweisen, da eine Leuchtdiode bei einer Phase von  $0^\circ$  und die andere bei einer Phase von  $180^\circ$  abstrahlt. Dabei wird  $0^\circ$  mit positivem Vorzeichen identifiziert und  $180^\circ$  mit negativem Vorzeichen. Wird nun eine weitere Lichtquelle K zugeschaltet, die unabhängig von den das Licht aussendenden Lichtquellen arbeitet, kann diese Licht in Amplitude und Vorzeichen phasenversetzt einstrahlen. Mit anderen Worten kann also die weitere Lichtquelle K durch zusätzliche Lichteinstrahlung die Kompensation im Wesentlichen oder sogar alleine übernehmen. Dadurch wird über die Leistung der weiteren Lichtquelle K das takt-synchrone Empfangssignal in seiner Amplitude auch bei komplexen Messanordnungen mit Positions-, Richtungs- und Entfernungsdetektion so beeinflusst, dass das Empfangssignal zu Null wird.

**[0037]** Dies wird nach der vorliegenden Erfindung gemäß **Fig. 7** dadurch erreicht, dass der Zählerstand nicht direkt, sondern über ExOr-Gatter **21** oder ggf. ein ExNor-Gatter an den DA-Umsetzer **22** gegeben wird. Ein ExOr-Gatter **21** mit zwei Eingängen kann als steuerbarer Inverter aufgefasst werden. Liegt an einem Eingang (Steuereingang) logisch Nullpegel an, so folgt der Ausgang des Gatters dem zweiten Eingang (Dateneingang). Liegt hingegen am Steuereingang eine logische 1 an, so entspricht der Ausgang des Gatters dem inversen Dateneingang. An jedem Ausgang des Zählers Z ist nun ein solches Gatter angeschlossen und alle Steuereingänge sind mit dem invertierten most significant Bit (MSB) des Zählers verbunden. Somit ergibt sich an den Gatterausgängen gegenüber dem Zählerstand der in **Fig. 7** gezeigte funktionale Zusammenhang. Ebenfalls wirkt das MSB als Steuersignal auf ein ExOr-Gatter **23**, durch welches der Takt zum Modulator **24** der Lichtquelle K als Kompensations-LED geleitet wird. Im Ausführungsbeispiel der **Fig. 7** werden die Sender S1 und S2 nicht geregt.

**[0038]** Der Zähler Z kann überlaufen. Dies führt dazu, dass, wenn der Regelkreis sich aufgrund ungünstiger optischer Dämpfungsverhältnisse nicht ausregeln kann, der Regelkreis schwingt, so dass der Zähler Z permanent zählt und die Intensität von einer oder beiden LEDs sich zyklisch ändert. Um dies zu verhindern, wird der Überlauf durch eine geeignete Beschaltung verhindert. Hierzu erfolgt bei Erreichen des maximalen bzw. minimalen Zählerstandes eine Verriegelung des Zählers Z für die jeweilige Zählrichtung. Die Implementierung dieser Verriegelung erfolgt beispielsweise über eine Kopplung des Übertragungsausgangs auf den ENABLE-Eingang des Zählers Z. Die genaue Ausführung ist von der gewählten Zählerrealisierung abhängig.

**[0039]** Der Zählerstand ändert sich bei den aufgeführten Implementierungen je Takt um einen Schritt. Durch eine geeignete Logik, welche erkennt, dass die letzten Zählschritte in die gleiche Richtung gingen, kann auch ein größerer Zählschritt ausgelöst werden. Dies entspricht einem D-Anteil im Regler.

**[0040]** Um ein Einschwingen des Reglers zu beschleunigen kann der Zähler Z auch eine Möglichkeit besitzen, ihn auf einen vorgegebenen Zählerstand zu setzen.

**[0041]** Bewegt sich die Änderung der optischen Übertragung nur in einem engen Bereich, so besteht die Möglichkeit diesen Bereich heraus zu vergrößern. Hierzu wird die Stellgröße aus zwei Teilen gebildet, nämlich einer festen Einstellung in Form eines Offset und einem variablen Anteil, der vom Regler kontrolliert wird. Im Falle einer Kompensation, wie sie in der oben erläuterten DE 103 00 223 B3 vorgeschlagen wurde, bietet es sich somit an, die eigentliche Kompensations-LED einzusparen und den geregelten Anteil additiv durch Stromaddition dem jeweils phasenrichtigen Sender hinzuzufügen.

## Bezugszeichenliste

10	Regler
11	Flip-Flop
12	Taktgeber
13	Transimpedanzverstärker
14	Komparator
15	Amplitudenbegrenzer
16	Flip-Flop
17, 18, 22	Digitalanalogumsetzer
19	Verzögerungsschaltung
21, 23	ExOr-Gatter
24	Modulator
d	Phasenverschiebung
E	Empfänger
E(S1), E(S2)	Empfangssignale von S1, S2
K	weitere Lichtquelle
R	Stellgröße
S1, S2	Erste Lichtquelle
Z	Zähler

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung und/oder Auswertung eines differentiellen, optischen Signals mit wenigstens zwei ersten Lichtquellen (S1, S2), die Licht zeitsequenziell getaktet, phasenweise aussenden, und mit wenigstens einem Empfänger (E) zum Empfang zumindest des von den ersten Lichtquellen (S1, S2) stammenden, taktsynchronen Wechsellichtanteils, wobei die in die Messanordnung durch wenigstens eine Lichtquelle (S1, S2, K) eingestrahlte Lichtintensität so geregelt wird, dass der taktsynchrone Wechsellichtanteil, der zwischen verschiedenen Phasen auftritt, am Empfänger (E) zu Null wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Regelung der eingestrahlten Lichtintensität das Empfangssignal am Empfänger (E) bezüglich der Phasenlage bestimmt wird und damit die Stellgröße (R) erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Lichtquelle eine der ersten Lichtquellen (S1, S2) verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Lichtquelle eine weitere Lichtquelle (K) verwendet wird, und dass die weitere Lichtquelle (K), die dem Empfänger zugeordnet ist, durch die Regelung so geregelt wird, dass sie ihre Phase wechselt, indem diese weitere Lichtquelle (K) über wenigstens ein Ex-Or-Gatter (**21**) oder wenigstens ein ExNor-Gatter angesteuert wird.

4. Verfahren zur Bestimmung und/oder Auswertung eines differentiellen, optischen Signals mit wenigstens zwei ersten Lichtquellen (S1, S2), die Licht zeitsequenziell getaktet, phasenweise aussenden, und mit wenigstens einem Empfänger (E) zum Empfang zumindest des von den ersten Lichtquellen (S1, S2) stammenden, taktsynchronen Wechsellichtanteils, wobei die in die Messanordnung eingestrahlte Lichtintensität so geregelt wird, dass der taktsynchrone Wechsellichtanteil, der zwischen den verschiedenen Phasen auftritt, am Empfänger (E) zu Null wird, dadurch gekennzeichnet, dass zur Regelung der eingestrahlten Lichtintensität das Empfangssignal am Empfänger (E) bezüglich der Phasenlage bestimmt wird und damit die Stellgröße (R) erzeugt wird, die durch Stromaddition dem Stromsignal des Empfängers (E) hinzugaddiert wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung der Stellgröße (R) der Wert der Phasenlage mittels eines Zählers (Z) integriert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert der Phasenlage bei  $0^\circ$  oder  $180^\circ$  bewertet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das digitalisierte Empfangssignal als Richtungssignal für den Empfänger verwendet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Empfangssignal einem Flip-Flop (**11**) zugeführt wird, wobei der Takt des Flip-Flops so aus dem Sendetakt abgeleitet wird, dass als Steuersignal für

die Zählrichtung des Zählers (Z) das Signal der einen der ersten Lichtquellen (S1) phasenrichtig und das Signal der anderen der ersten Lichtquellen (S2) invertiert wiedergegeben wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass das digitalisierte Empfangssignal als Taktsignal für den Zähler (Z) verwendet wird, während die Zählrichtung durch den Takt eines den Takt der ersten Lichtquellen (S1, S2) bestimmenden Taktgebers (**12**) vorgegeben wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Empfangssignal gegenüber dem Takt des Taktgebers (**12**) eine Phasenverschiebung von vorzugsweise  $90^\circ$  aufweist.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Empfangssignal als Zählertakt im Zeitbereich der Flanke des Takts zwischengespeichert wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Zählerstand des Zählers (Z) bedarfsweise vorgegeben oder vorgebbar ist.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellgröße (R) einen vorgegebenen oder vorgebbaren, festen Anteil aufweist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, soweit es auf einen der Ansprüche 1–3 und 5–12 rückbezogen ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein variabler Anteil der Stellgröße (R) zu dem festen Anteil durch Stromaddition an der Lichtquelle (S1, S2, K) addiert wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–3 und 5–14, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellgröße (R) durch Stromaddition zu der oder den schwächeren Lichtquellen (S1, S2, K) taktweise hinzugaddiert wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

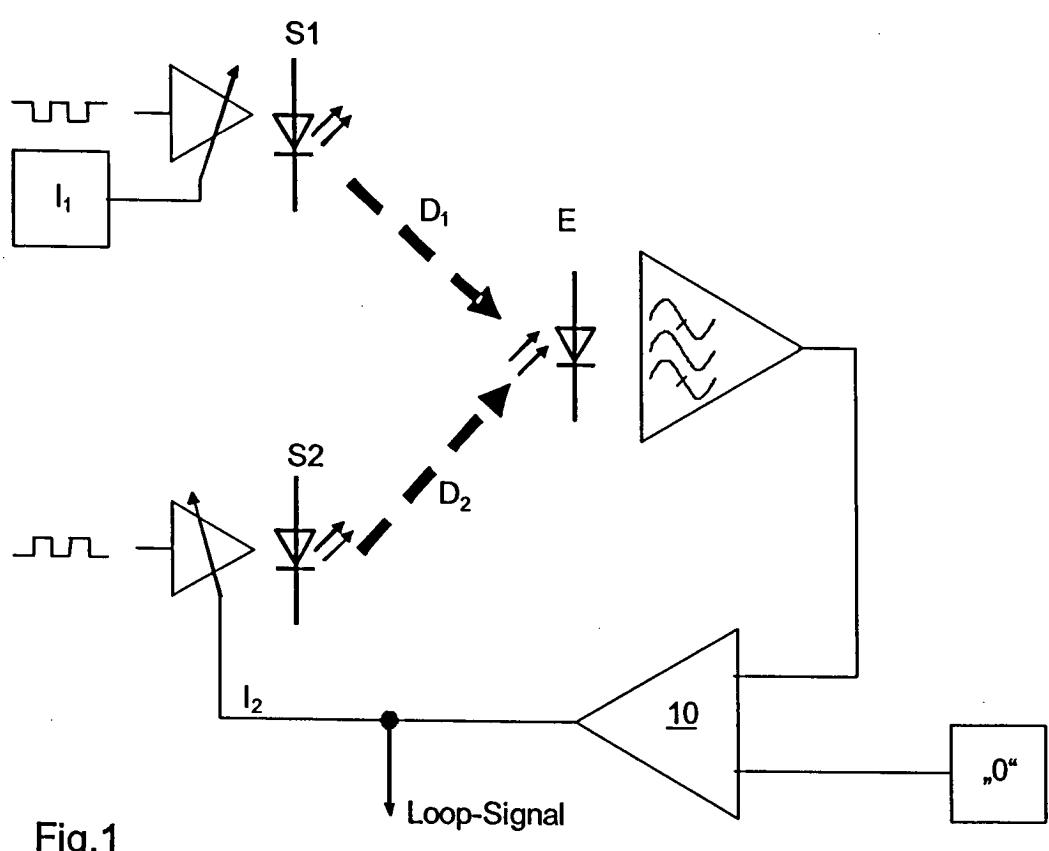


Fig.1

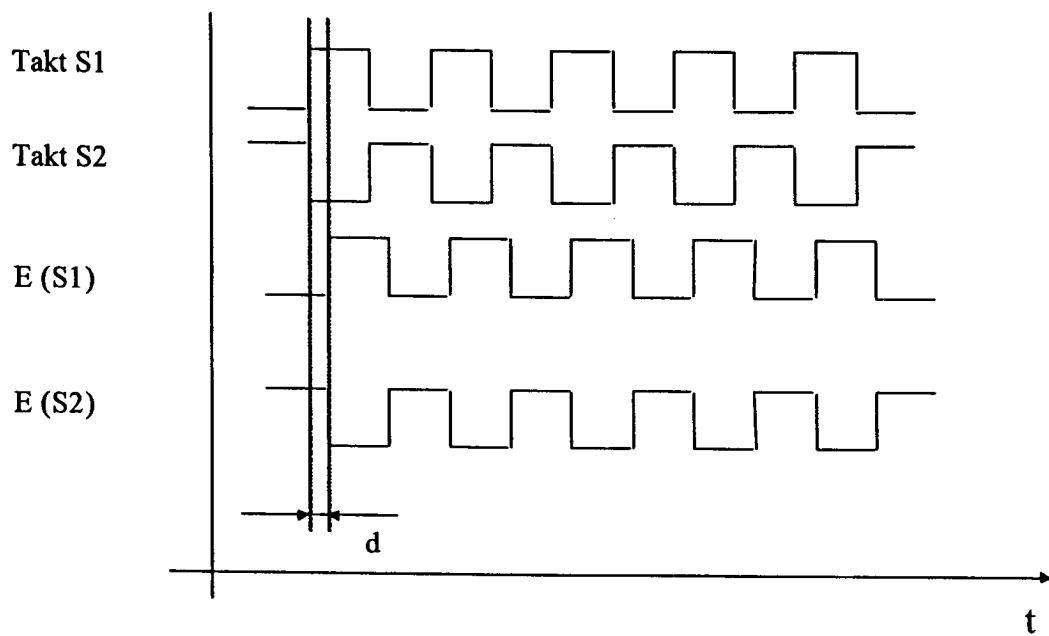


Fig. 2

Fig. 3

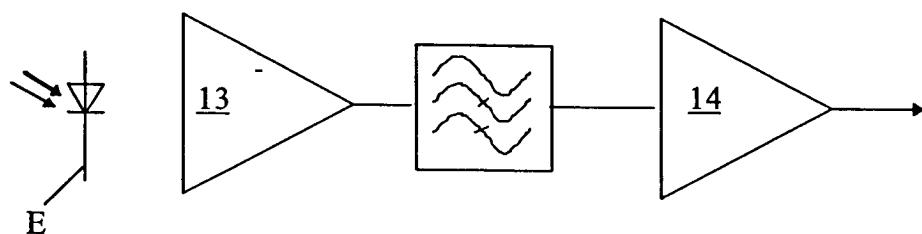
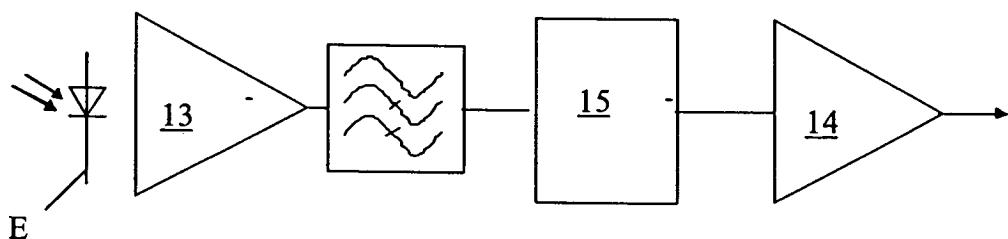


Fig. 4



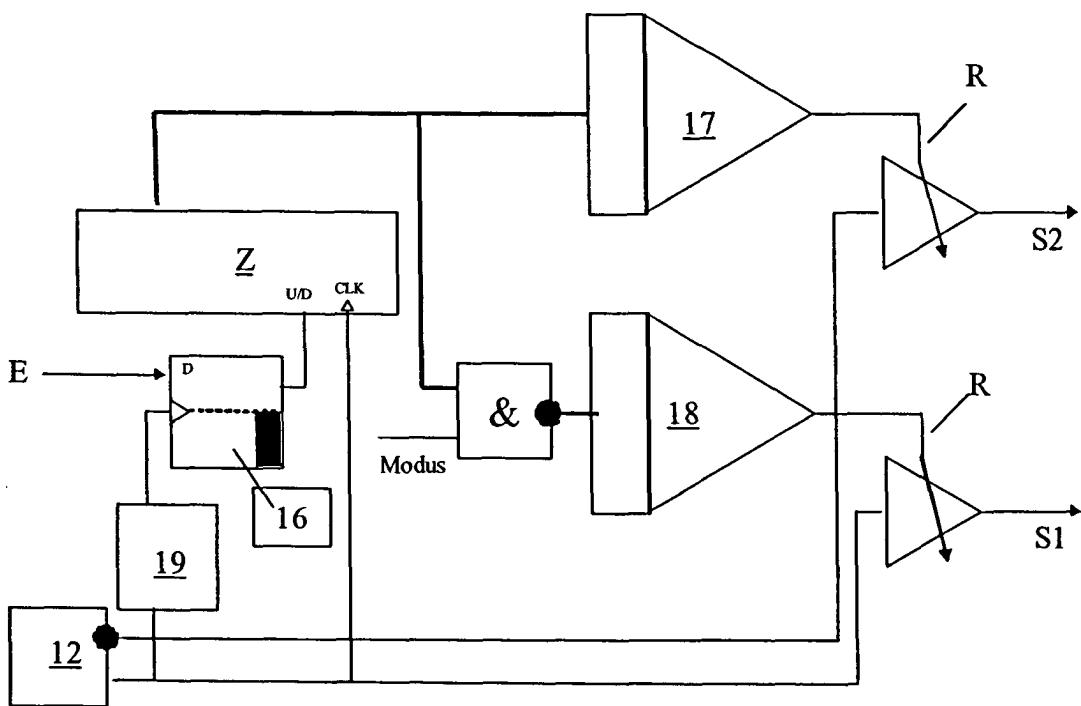


Fig. 5

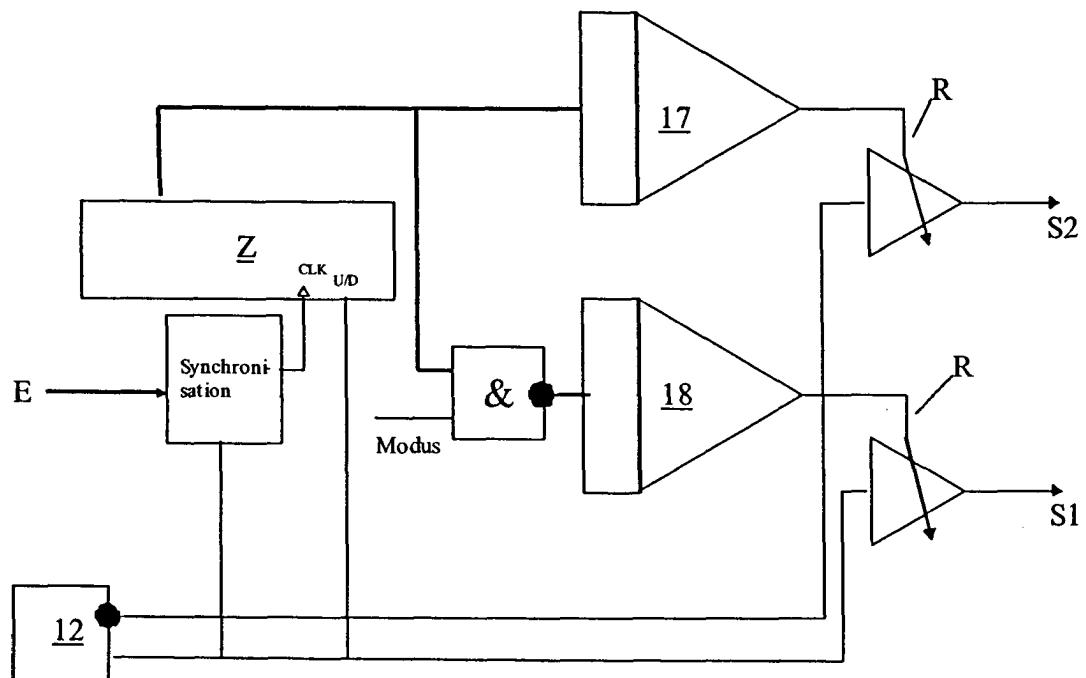


Fig. 6

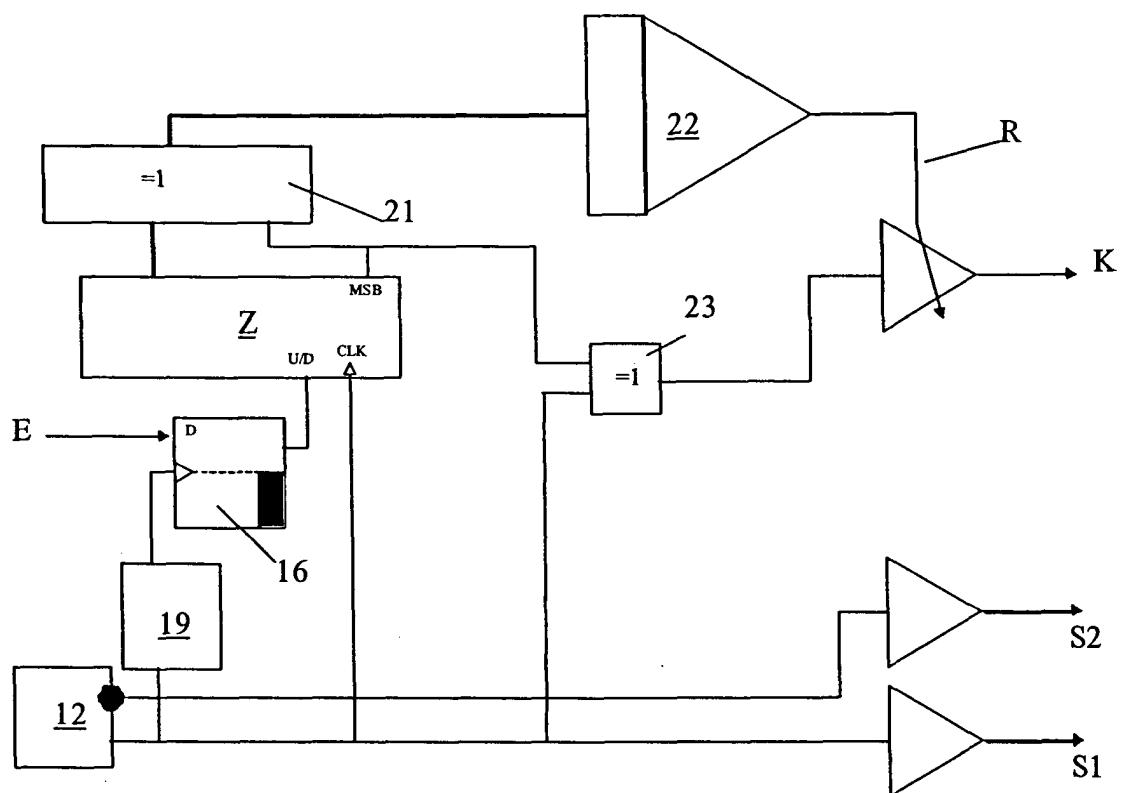


Fig. 7