



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt



(10) DE 40 08 341 A1 2009.12.24

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: P 40 08 341.1

(22) Anmeldetag: 15.03.1990

(43) Offenlegungstag: 24.12.2009

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: F41G 7/20 (2006.01)

G01S 1/70 (2006.01)

H01S 3/10 (2006.01)

G02F 1/00 (2006.01)

G02B 23/04 (2006.01)

G02B 26/10 (2006.01)

G02F 2/00 (2006.01)

G02F 1/11 (2006.01)

G02F 1/33 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

8903927 24.03.1989 FR

(74) Vertreter:

Prinz & Partner Patentanwälte, 80335 München

(71) Anmelder:

Thomson - CSF, Puteaux, FR

(72) Erfinder:

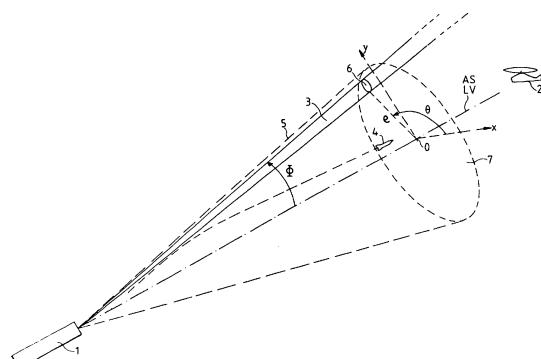
Couderc, Georges, Bures Sur Yvette, FR; Suveran, Denis, Versailles, FR; Labourgade, André, Paris, FR

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: System zur Lenkung von Projektilen mittels eines Richtstrahls, der in Polarkoordinaten codiert ist

(57) Zusammenfassung: In einem Leitsystem für Projektile wird ein Richtstrahl verwendet, der in Polarkoordinaten codiert ist. Die Abschußstation (1) umfaßt:

- Mittel zur Verfolgung eines Ziels (2) und Definition einer Visierlinie (LV);
  - Mittel zur Abtastung eines Leitkegels (5), dessen Symmetriearchse (AS) der Visierlinie (LV) nachgeregelt wird, mittels eines Laserstrahls (3), wobei dieser Kegel aus elementaren Zellen besteht, die nacheinander durch den Strahl (3) beleuchtet werden, der durch einen akustooptischen Ablenker in einer Ebene abgelenkt wird, die durch die Symmetriearchse (AS) verläuft, wobei ferner eine optomechanische Kreisabtastvorrichtung vorgesehen ist, welche diese Ebene verdreht;
  - Mittel zur Modulation des Strahls (3) mit einer binären Sequenz, welche die Polarkoordinaten ( $\Theta_p$ ) der beleuchteten Zelle wiedergibt;
- während das Projektil (4) aufweist:
- Mittel zum Empfangen des Laserstrahls (3), zur Demodulation desselben und zum Decodieren der Polarkoordinaten;
  - Mittel zum Bestimmen einer Flugbahnnkorrektur, wodurch das Projektil sich an die Symmetriearchse (AS) des Leitkegels annähert.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfinbung betrifft ein Lenksystem für Projektil, das mittels eines in Polarkoordinaten codierten Richtstrahles arbeitet. Projektil können Flugkörper oder Granaten sein, die mit einer Vorrichtung zur Korrektur der Flugbahn versehen sind.

**[0002]** Die Lenkung mittels eines Richtstrahls ist ein Verfahren, mittels welchem eine beliebige Anzahl von Projektilen sehr genau auf ein Ziel geführt werden kann, ohne daß die Position jedes Projektils bestimmt werden müßte, indem einfach eine Visierlinie bestimmt wird, die durch die zu erreichende Position verläuft, bei der es sich entweder um die aktuelle Zielposition oder um eine zukünftige Position handelt, die ausgehend von Kenndaten seiner Flugbahn bestimmt werden. Mittel zur Verfolgung des Ziels bestimmen diese Visierlinie.

**[0003]** Von der Abschußrampe geht ein Infrarot-Laserbündel aus, welches einen Teil des Raumes ausleuchtet, der als Leitkegel bezeichnet wird. Die Lage der Symmetrieachse des Leitkegels wird der Visierlinie nachgeregelt. Der Leitkegel besteht aus elementaren Zellen, die einzeln durch ein Codierverfahren identifiziert werden. Das Projektil umfaßt Mittel, um den Richtstrahl zu empfangen und zu ermitteln, in welcher Zelle sich das Projektil befindet. Recheneinrichtungen bestimmten eine Korrektur der Flugbahn des Projektils, dergestalt, daß dieses sich an die Symmetrieachse des Leitkegels annähert. Diese Korrektur erfolgt durch ein Leitwerk oder Gasdüsen.

**[0004]** Ein System zur Lenkung mittels eines Richtstrahls weist eine hohe Lenkpräzision und eine sehr gute Sicherheit bezüglich Gegenmaßnahmen auf, denn die Mittel zum Empfangen des Richtstrahls, bei denen es sich im allgemeinen um ein Objektiv und einen optischen Detektor handelt, sind in Richtung der Abschußrampe und nicht in Richtung des Ziels ausgerichtet.

**[0005]** Man kennt zwei Haupttypen von Systemen zur Lenkung mittels eines Richtstrahls. Bei einem System des ersten Typs, der mit "Raumcodierung" arbeitet, sind Einrichtungen vorgesehen, um einen Laser-Richtstrahl auszusenden, der gleichzeitig alle elementaren Zellen des Leitkegels beleuchtet, wobei jede Zelle identifiziert wird, indem die Amplitude des Laserbündels lokal moduliert wird, mit für jede Zelle verschiedenen Binärcodes. Das Projektil stellt fest, in welcher Zelle es sich befindet, indem es den Binärkode erkennt, welcher denjenigen Teil des Richtstrahls moduliert, den das Projektil empfängt. Ein solches System ist in "Optical Command and Beamrider missile guidance", R. L. Sitton, SPIE. Vol. 317, S. 358–364.

**[0006]** Einem derartigen System haftet der Mangel an, daß ein Laserstrahl von relativ hoher Leistung ausgesendet werden muß, um gleichzeitig alle Zellen des Leitkegels zu beleuchten, wobei eine gegebene Reichweite erzielt werden muß. Etwa anwesender Raum sowie die Flamme und Rauchentwicklung des Projektils, wenn es sich um einen Flugkörper handelt, dämpfen das Laserbündel zwischen der Abschußrampe und den Empfangseinrichtungen für diesen Strahl in hohem Maße. Um eine gegebene Reichweite zu erzielen, ist es also erforderlich, einen Laserstrahl auszusenden, dessen räumliche Energiedichte ausreichend hoch ist, um diese Dämpfung zu kompensieren.

**[0007]** Bei einem Leitsystem vom zweiten Typ wird eine "zeitliche Codierung" oder "Abtastung" vorgenommen. Die Abschußstation sendet ein Laserbündel, welches einen Leitkegel abtastet, indem nacheinander alle Elementarzellen beleuchtet werden. Ein solches System ist in "An improved acousto-optic laser scanner guidance system Michael Higgins, Gerald Titmuss, John Evans, Richard Martyn, British Aerospace U. K." beschrieben. In diesem System weist die Abschußstation einen Dauerstrich-Laser und Mittel auf, um den Leitkegel entlang einer Gruppe von horizontalen Linien abzutasten, anschließend entlang einer Gruppe von senkrechten Linien, wobei jede Linie zweimal durchlaufen wird, bevor die darauffolgende abgetastet wird. Beispielsweise wird jede Horizontallinie von links nach rechts und dann von rechts nach links abgetastet, so daß das Projektil das Laserbündel zweimal während der Horizontal-Abtastperiode des gesamten Leitkegels empfängt. Das Zeitintervall zwischen den zwei Empfangszeitpunkten ermöglicht die Bestimmung der Position des Projektils in bezug auf eine horizontale Achse.

**[0008]** Das Projektil empfängt ferner zweimal das Laserbündel während der Vertikal-Abtastperiode der Gesamtheit des Leitkegels. Eine Messung des Zeitabstandes zwischen diesen zwei Empfangszeitpunkten ermöglicht die Bestimmung der Position des Projektils in bezug auf eine vertikale Achse. Jede elementare Zelle ist auf den Schnitt einer Vertikal-Abtastzeile mit einer Horizontal-Abtastzeile zentriert. Die Breite und die Länge jeder Zelle sind so ausgelegt, daß der Durchmesser des Laserstrahls eine Zelle vollständig überdeckt und geringfügig über die benachbarten Zellen übergreift.

**[0009]** Ein derartiges System ermöglicht es, die gesamte Leistung des Laserbündels auf eine elementare Zelle zu einem gegebenen Zeitpunkt zu konzentrieren. Diese Konzentration der gesamten Energie des Laserbündels auf eine einzige Zelle ermöglicht eine erhebliche Verbesserung des Signal/Rauschverhältnisses, so daß die Leistung des Lasers für eine gegebene Reichweite vermindert werden kann.

**[0010]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Leitsystem vorzuschlagen, das folgendes ermöglicht:

- eine weitere Verminderung der Leistung des Lasers für eine gegebene Reichweite;
- eine Steigerung der Leitpräzision;
- die Übertragung von Nachrichten zu dem Flugkörper, z. B. von Informationen über die Evolution der Flugbahn des Ziels;
- eine Integration der Zielverfolgungsmittel mit den Einrichtungen zur Abtastung des Leitkegels mittels eines Laserstrahls.

**[0011]** Gegenstand der Erfindung ist ein System, das im wesentlichen einen optoakustischen Ablenker zum Ablenken eines Laserstrahls in einer Ebene aufweist, die durch die Symmetrieachse des Leitkegels verläuft, um aber auch die Amplitude dieses Strahls zu modulieren und eine Nachricht zu dem Projektil zu übertragen; ferner eine optomechanische Vorrichtung, um die den Laserstrahl enthaltende Ebene um die Symmetrieachse des Leitkegels zu verdrehen.

**[0012]** Gemäß einem weiteren Merkmal umfaßt das System einen gemeinsamen optischen Weg für die Zielverfolgungsmittel und für die Abtastung des Leitkegels.

**[0013]** Gemäß einem weiteren Merkmal umfaßt das System Mittel zum Modulieren des Laserstrahls mit einer binären Sequenz, die für jede Zelle verschieden ist, wobei diese Sequenz die Polarkoordinaten der Zelle in einer Ebene wiedergibt, die senkrecht zur Symmetrieachse des Leitkegels ist.

**[0014]** Das erfindungsgemäße System zur Lenkung von Projektilen mittels eines in Polarkoordinaten codierten Richtstrahls umfaßt eine Abschußstation, die umfaßt:

- Mittel zur Verfolgung eines Ziels und Bildung einer Visierlinie;
- Mittel zum Abtasten eines als Leitkegel bezeichneten Raumteiles mittels eines Laserstrahls, wobei dieser Leitkegel eine Symmetrieachse aufweist, deren Lage der Visierlinie nachgeregelt wird, wobei ferner dieser Leitkegel aus elementaren Zellen besteht, die durch den Strahl nacheinander beleuchtet werden;

wobei das Projektil aufweist:

- Mittel zum Empfangen des Laserstrahls; Mittel, um zu bestimmen, in welcher Zelle sich das Projektil befindet; und Mittel, um daraus eine Korrektur der Flugbahn des Projektils abzuleiten, in solcher Weise, daß es sich an die Symmetrieachse des Leitkegels annähert;
- Mittel zum Durchführen dieser Flugbahn-Korrektur;

das System ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastmittel umfassen:

- Mittel zur Ablenkung des Laserstrahls in einer Ebene, welche durch die Symmetrieachse des Leitkegels verläuft;
- Mittel zur Ablenkung dieses Laserstrahls, indem diese Achse um die Symmetrieachse des Leitkegels verdreht wird;
- Mittel zum Modulieren des Laserstrahls mit einer binären Sequenz, die für jede Zelle verschieden ist;

und daß die Mittel zum Empfangen des Laserstrahls Mittel aufweisen, um diese strahlzudemodulieren und die Binärsequenz decodieren.

**[0015]** Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung und aus der Zeichnung, auf die Bezug genommen wird. In der Zeichnung zeigen:

**[0016]** [Fig. 1](#) schematisch eine Abschußstation, das Projektil, das Ziel und den Leitkegel;

**[0017]** [Fig. 2](#) schematisch den Schnitt des Leitkegels mit einer Ebene, die senkrecht zu seiner Symmetrieachse ist;

**[0018]** [Fig. 3](#) ein Zeitdiagramm, welches die Codierung des Laserstrahls für eine Zelle des Leitkegels zeigt;

**[0019]** [Fig. 4](#) ein Übersichtsschema einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen System;

- [0020] [Fig. 5](#) schematisch einen Teil dieser ersten Ausführungsform;
- [0021] [Fig. 6](#), [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) die Arbeitsweise dieser ersten Ausführungsform; und
- [0022] [Fig. 9](#) ein Übersichtsschema einer zweiten Ausführungsform des Systems.
- [0023] Gemäß [Fig. 1](#) erzeugt die Abschußstation 1 einen Leitkegel 5 zur Lenkung eines Flugkörpers 4 auf ein Ziel 2. Dieser Leitkegel 5 weist die Symmetriearchse AS auf, deren Lage einer Visierlinie LV nachgeregelt wird, die sich von der Abschußstation 1 zum Ziel 2 erstreckt. Diese Visierlinie wird durch Verfolgungsmittel definiert, die in der Abschußstation 1 enthalten sind. Zu einem gegebenen Zeitpunkt sendet die Abschußstation 1 einen Laserstrahl 3, welcher eine elementare Zelle des Leitkegels 5 beleuchtet. Diese elementare Zelle ist zylindrisch oder von der Form eines Kegels mit geringer Öffnung.
- [0024] Zur Bezeichnung jeder elementaren Zelle des Leitkegels wird der Schnitt des Leitkegels mit einer Ebene xoy betrachtet, die senkrecht zur Symmetriearchse AS ist und von dem Flugkörper 4 zu dem betrachteten Zeitpunkt durchquert wird. Der Schnitt des Leitkegels mit der Ebene xoy ist eine Oberfläche 7, die annähernd kreisrund ist, und die elementare Zelle, welche zu dem betrachteten Zeitpunkt durch den Laserstrahl 3 beleuchtet wird, bildet mit der Ebene xoy einen Schnitt, der einer kreisrunden Oberfläche 6 entspricht. Die Lage dieser Oberfläche 6 ist in bezug auf die Achsen ox und oy definiert, die zueinander senkrecht sind und einander im Punkte o schneiden, der auf der Symmetriearchse AS liegt. Die Achse ox ist horizontal, während die Achse oy in einer Vertikalebene enthalten ist. Der Mittelpunkt der Oberfläche 6 befindet sich in der Entfernung p vom Punkte o, und der Vektorradius, welcher den Mittelpunkt der Oberfläche 6 mit dem Punkt o verbindet, bildet einen Winkel  $\theta$  in bezug auf die Achse ox. Diejenige Zelle, deren Schnitt die Oberfläche 6 ist, ist in dem Bezugssystem xoy durch die Polarkoordinaten p,  $\theta$  bezeichnet.
- [0025] In der Praxis bewegen sich die Ebene xoy und das entsprechende Bezugssystem, indem sie dem Flugkörper 4 folgen. Damit die gegebene Zelle denselben Koordinatenwert beibehält, muß als Einheit der Entfernung in bezug auf die Symmetriearchse AS eine Einheit verwendet werden, die sich verändert, während sich der Flugkörper 4 von der Abschußstation 1 entfernt. Diese Einheit ist beispielsweise gleich 1/16 des Radius der Schnittoberfläche 7 des Leitkegels 5 mit der Ebene xoy.
- [0026] Die [Fig. 2](#) erläutert die Arbeitsweise des Systems und zeigt die Lage der elementaren Zellen, die nacheinander in dem Leitkegel 5 beleuchtet werden. Diese Zellen sind jeweils durch ihren Schnitt mit der Ebene xoy dargestellt. Die Abtastung erfolgt nacheinander auf 16 Radien, die gleichmäßig um den Punkt o verteilt sind, welcher ein Symmetriezentrum für die Abtastung bildet. Beispielsweise besteht auf dem Radius oA die Abtastung darin, nacheinander eine Zelle mit der Schnittfläche 10 und dann eine Zelle mit der Schnittfläche 11, anschließend eine Zelle mit der Schnittfläche 12 usw. zu beleuchten. Diese Zellen haben in der Praxis keine scharfen Grenzen, sondern überdecken einander teilweise. Ferner werden die anderen Radien nacheinander abgetastet, in gleicher Weise wie für den Radius oA.
- [0027] Bei dem gezeigten Beispiel sind die elementaren Zellen regelmäßig von der Mitte bis zum Umfang verteilt, was zur Folge hat, daß die nahe bei dem Mittelpunkt o liegenden Zellen einander stark überdecken, während die umfangsnahen Zellen einander wenig überdecken.
- [0028] Eine Besonderheit der Abtastung des Leitkegels besteht darin, daß jeder Radius oA praktisch gleichzeitig mit dem diametral gegenüberliegenden Radius oA' abgetastet wird. Diese Besonderheit ergibt sich aus dem Codierverfahren, welches verwendet wird, um jede Zelle des Leitkegels zu identifizieren, indem der Laserstrahl moduliert wird. Dieses Codierverfahren besteht im wesentlichen darin, eine binäre Sequenz auszusenden, die für jede Zelle verschieden ist, und eine komplementäre binäre Sequenz für diejenige Zelle auszusenden, die in bezug auf die Symmetriearchse AS symmetrisch liegt.
- [0029] Bei einer praktischen Ausführungsform wird ein Dauerstrich-Laser verwendet. Jedes Bit der binären Sequenz wird übertragen, indem die Amplitude des Laserstrahls moduliert wird.
- [0030] Es können verschiedene herkömmliche Modulationsverfahren angewendet werden. Eine Modulation, die darin besteht, daß für den Wert 1 eine Beleuchtung und für den Wert 0 der binären Sequenz keine Beleuchtung erfolgt, wäre insofern nachteilig, als kein Mittelwert von der Größe Null entstünde. Ein besseres Modulationsverfahren besteht darin, beispielsweise jedes Bit der Sequenz durch zwei elementare Informationen darzustellen, deren Dauer gleich einer halben Bitperiode ist. Beispielsweise wird jedes Bit vom Wert 1 in der Form einer Beleuchtung während einer halben Bitperiode übertragen, gefolgt von einer Beleuchtungspause während

einer halben Bitperiode; umgekehrt für jedes Bit vom Wert 0. Dieses Modulationsverfahren ermöglicht es ferner, eine Fehlerdetektion auszuführen, denn jedes übertragene Bit weist einen Übergang auf. Ein fehlendes Bit kann also durch eine Zählung der Übergänge detektiert werden.

**[0031]** Die Ausführung einer solchen 100%-Amplitudenmodulation besteht darin, den Laserstrahl zu einer gegebenen Zelle **9** abzulenken, um eine elementare Information zu übertragen; ferner darin, den Laserstrahl zu einer Zelle **9'** abzulenken, die symmetrisch zu der gegebenen Zelle liegt, um eine entgegengesetzte elementare Information zu übertragen. Die binäre Sequenz, die durch den Laserstrahl zu der gegebenen Quelle **9** übertragen wird, ist also komplementär zu der binären Sequenz, welche während desselben Zeitintervalls zu der symmetrisch liegenden Zelle **9'** übertragen wird.

**[0032]** Diese besondere Form einer 100%-Modulation des Laserstrahls ist besonders wirksam, denn der Laserstrahl wird unterbrechungslos gesendet. Diese Effizienz kommt zu dem Effekt der Konzentration des Laserstrahls auf eine einzige Zelle hinzu und ermöglicht eine starke Verminderung der mittleren Laserleistung gegenüber einer Leistung bei einem System, das mit räumlicher Codierung arbeitet.

**[0033]** Als bevorzugte Ausführungsformen werden zwei Codierverfahren vorgeschlagen, um jede Zelle des Leitkegels zu identifizieren. Gemäß einem ersten Codierverfahren umfaßt jede binäre Sequenz ein erstes und ein zweites Binärwort, welche die Koordinaten  $\theta$  und  $p$  der Zelle in dem System  $xoy$  wiedergeben. Jede Zelle wird durch zwei übertragene Koordinaten vollständig markiert, so daß die Zellen mit einem ungleichförmigen Teilungsschritt auf jedem Radius verteilt werden können, wobei jedoch die Symmetrie in bezug auf die Symmetriearchse des Kegels erhalten bleibt. Diese nicht gleichförmige Verteilung ermöglicht es, eine große Anzahl von Zellen in Wegfall zu bringen, die einander in der zentralen Zone des Leitkegels nicht überdecken. Wenn die einander überdeckenden Zellen zahlreich sind, haben sie eine Überabtastung zur Folge, wodurch die gesendete Energie in der Mitte des Leitkegels unnötig konzentriert wird. Andererseits kann durch eine Vergrößerung des Teilungsschrittes der dem Mittelpunkt näherliegenden Zellen die Anzahl von Zellen und somit die Abtastperiode für den gesamten Leitkegel vermindert werden, so daß der Flugkörper seine Position mit höherer Frequenz ermitteln kann.

**[0034]** Es bestehen jedoch weiterhin Teilüberdeckungen, die einen wesentlichen Vorteil gegenüber dem Verfahren einer räumlichen Codierung nach dem Stand der Technik aufweisen. Die Mittel zum Empfangen des Laserstrahls, welche sich in dem Flugkörper befinden, können nämlich beinahe zu jedem Zeitpunkt die Koordinaten von zwei oder drei Zellen empfangen und können interpolierte Koordinaten berechnen, unter Berücksichtigung der jeweils empfangenen Amplituden für jede der empfangenen binären Sequenzen. Durch diese Interpolation kann die Positionsbestimmung des Flugkörpers verfeinert und somit die Lenkpräzision gesteigert werden.

**[0035]** Bei dem in [Fig. 2](#) gezeigten Beispiel sind die 16 Radien durch 16 Winkelwerte  $\theta$  markiert, die von 0 bis  $180^\circ$  und von 0 bis  $-180^\circ$  variieren und durch ein 3 Bit-Binärwort sowie ein Vorzeichenbit codiert sind. Die Entsprechung ist in den unten aufgeführten Tabellen wiedergegeben. Die Binärwörter, welche  $\theta$  und  $180^\circ + \theta$  darstellen, entsprechend zwei einander diametral gegenüberliegenden Radien, sind in solcher Weise gewählt, daß die einander entsprechenden Bits komplementär sind.

**[0036]** Beispielsweise haben in [Fig. 2](#) zwei symmetrische Zellen, welche durch die Oberflächen **9** und **9'** dargestellt sind, die Koordinaten  $\theta = 123,75^\circ$  und  $\theta = -56,25^\circ$ . Sie sind in folgender Weise codiert:

$$1\ 101 = .5 \text{ und } 0\ 010 = -2$$

Codierung von  $\theta$  im oberen Halbraum

Wert in Grad	Code-Wert
11,25°	+0
33,75°	+1
56,25°	+2
78,75°	+3
101,25°	+4
123,75°	+5
146,25°	+6
168,75°	+7

Codierung von  $\theta$  im unteren Halbraum

Wert in Grad	Code-Wert
-11,25°	-0
-33,75°	-1
-56,25°	-2
-78,75°	-3
-101,25°	-4
-123,75°	-5
-146,25°	-6
-168,75°	-7

**[0037]** [Fig. 3](#) veranschaulicht das Codierverfahren, welches zur Codierung der Koordinaten der Zellen 9 und 9' mittels einer binären Sequenz S und der komplementären Sequenz verwendet wird. Diese Sequenz S beginnt mit zwei Bits, die als Oben/Unten-Unterscheidungsbits die Unterscheidung einer Zelle, die dem oberen Halbraum angehört, wie die Zelle 9, von einer symmetrisch dazu liegenden Zelle, die dem unteren Halbraum 1 angehört, wie die Zelle 9', ermöglichen. Die zwei Oben/Unten Diskriminierungsbits bestehen aus einem so genannten Referenzbit, das stets denselben Wert 1 aufweist, und einem sogenannten Vorzeichenbit, welches das Vorzeichen des Winkelwertes  $\theta$  wiedergibt. Die Sequenz S enthält anschließend drei Bits, welche den Absolutwert des Winkels  $\theta$  codieren. Die Sequenz S enthält anschließend drei Bits, die den Wert  $p$  in einem Maßstab von 0 bis 7 wiedergeben.

**[0038]** Ein Bit der Sequenz S mit dem Wert 0 wird übertragen, indem die Zelle 9' während einer Halbperiode beleuchtet und die Zelle 9 während der darauffolgenden Halbperiode beleuchtet wird. Umgekehrt wird ein Bit mit dem Wert 1 übertragen, indem die Zelle 9 während einer halben Periode und die Zelle 9' während der darauffolgenden Halbperiode beleuchtet wird.

**[0039]** Wenn beispielsweise dieser Laser kontinuierlich arbeitet, erfolgt die Beendigung der Beleuchtung der Zelle 9, indem der Strahl sehr schnell abgelenkt und auf der Zelle 9' angehalten wird. Umgekehrt erfolgt die Beendigung der Beleuchtung der Zelle 9' dadurch, daß der Strahl sehr schnell zur Zelle 9 abgelenkt und dort angehalten wird. Die kreisförmige Abtastung, die den Winkel  $\theta$  verändert, kann kontinuierlich erfolgen, denn die Dauer jeder Frequenz S ist sehr klein gegenüber der Dauer für eine Bewegung der Kreisablenkung von einem Wert  $\theta$  zum nächsten.

**[0040]** Die Decodierung der Modulation des durch den Flugkörper empfangenen Laserstrahls erfolgt mittels eines Decoders an Bord der Flugkörpers. Dieser Decoder beginnt mit einer Wiedergabe einer binären Sequenz T, in welcher ein Bit den Wert 1 aufweist, wenn der Decoder eine Beleuchtung während einer Zeitspanne feststellt, die gleich einer halben Bitperiode ist, und anschließend eine fehlende Beleuchtung während einer Dauer, die ebenfalls gleich einer Halbperiode ist. Ein Bit der Sequenz T weist den Wert 0 auf, wenn der Decoder das

Ausbleiben einer Beleuchtung während einer Dauer feststellt, die gleich einer halben Periode ist, gefolgt von einer Beleuchtung während einer Dauer, die gleich einer halben Periode ist. Anschließend wird die Sequenz T decodiert, um zwischen dem oberen Halbraum und dem unteren Halbraum zu unterscheiden und einen Wert  $\theta$  sowie einen Wert  $p$  wiederzugeben. Wenn sich der Flugkörper in dem oberen Halbraum befindet, beginnt der Empfang des Richtstrahls mit einer Beleuchtung während einer Dauer, die gleich einer Bitperiode ist. Wenn sich der Flugkörper in dem unteren Halbraum befindet, beginnt der Empfang des Richtstrahls mit einer Beleuchtung während einer halben Bitperiode, gefolgt von dem Ausbleiben der Beleuchtung während einer Dauer, die gleich einer Bitperiode ist. Die Länge des ersten Signalrechtecks der Folge T bildet somit das Unterscheidungskriterium für oberen bzw. unteren Halbraum. Es müssen dann lediglich die Werte  $\theta$  und  $p$  decodiert werden.

**[0041]** Wenn sich beispielsweise der Flugkörper in der Zelle **9** befindet, ergibt die Demodulation des durch den Flugkörper empfangenen Laserstrahls folgende binäre Sequenz:

T(9): 0 1 1 0 1 1 0 0

**[0042]** Die zwei ersten Bits 0, 1 bedeuten, daß sich der Flugkörper in dem oberen Halbraum befindet. Das zweite, dritte, vierte und fünfte Bit ergeben direkt den codierten Wert  $\theta$ :

$$\theta = 1 \ 101 = +5 \text{ entsprechend einem Wert von } +123,75^\circ.$$

**[0043]** Das sechste, siebte und achte Bit ergeben direkt den Wert  $p = 4$ .

**[0044]** Wenn sich der Flugkörper in der Zelle **9'** befindet, ergibt die Demodulation des durch den Flugkörper empfangenen Laserstrahls folgende binäre Sequenz:

T(9'): 1 0 0 1 0 0 1 1

**[0045]** Die zwei ersten Bits 1 und 0 bedeuten, daß sich der Flugkörper in dem unteren Halbraum befindet. Das zweite, dritte, vierte und fünfte Bit ergeben direkt den codierten Wert von  $\theta$ :

$$\theta = 0 \ 0 \ 1 \ 0 = -2 \text{ entsprechend } -56,25^\circ.$$

**[0046]** Das sechste, siebte und achte Bit ergeben den Wert von  $p$ , der komplementär zu 1 ist. Eine Komplementierung liefert dann den Wert:

$$p = 1 \ 0 \ 0 = 4.$$

**[0047]** Die Sequenz S kann ferner ein zusätzliches binäres Wort enthalten, welches eine Nachricht bildet. Diese Nachricht kann eine Information über die Evolution der Flugbahn des Ziels sein, um es dem Wortrechner des Flugkörpers zu ermöglichen, verbesserte Korrekturen seiner Flugbahn zu erzeugen. Diese Nachricht kann auch eine Information über einen eventuellen Weisungsfehler der Symmetriearchse des Leitkegels sein, damit der Wortrechner eine solche Korrektur der Flugbahn berechnen kann, daß sich der Flugkörper an eine Achse annähert, die in bezug auf die Symmetriearchse des Leitkegels versetzt ist.

**[0048]** Schließlich kann diese Nachricht die Aktivierung einer von dem Flugkörper mitgeführten Näherrakete auslösen.

**[0049]** Wenn sich der Flugkörper in dem oberen Halbraum befindet, liefert die durch Demodulation des Laserstrahls gewonnene binäre Sequenz direkt die Bits der Nachricht. Wenn sich der Flugkörper in dem unteren Halbraum befindet, komplementiert der Decoder die durch Demodulation des Laserstrahls gewonnene binäre Sequenz, um den exakten Wert der Nachrichtenbits zu rekonstruieren.

**[0050]** Wenn die Nachricht lang ist, kann sie in mehrere binäre Wörter unterteilt werden, die jeweils mit einem Identifikations-Präfix versehen sind und im Verlaufe mehrerer aufeinanderfolgender Abtastperioden übertragen werden.

**[0051]** Zur Beschleunigung der Abtastung des Leitkegels ist es möglich, die Abtastvorgänge mit alleiniger Übertragung von Koordinaten abwechseln zu lassen mit Abtastvorgängen, bei denen nur eine Nachricht übertragen wird, so daß einer Nachrichtenübertragung nur dann Zeit zugewiesen wird, wenn eine Nachricht tatsächlich übertragen werden soll. Die Nachrichten werden dann von Koordinaten durch ein zusätzliches Bit unterschieden.

**[0052]** Ein zweites Codierverfahren besteht darin, eine binäre Sequenz zu übertragen, die nur die Winkelposition  $\theta$  wiedergibt. Die Art der Abtastung unterscheidet sich dann von der zuvor beschriebenen, da jeder Ra-

dius zweifach durch eine Hin- und Rücklaufbewegung des Laserstrahls durchfahren wird, bevor zu dem nächsten Radius übergegangen wird. Die Geschwindigkeit der Abtastung ist konstant, damit die Zellen einen konstanten Teilungsschritt entlang der Radien aufweisen, jedoch kann sie für Hinlauf und Rücklauf verschieden sein. Der Flugkörper ist mit einem Decoder versehen, der zwei Durchgänge des Laserstrahls während jeder Periode der Abtastung des gesamten Leitkegels erfaßt. Aus der Kenntnis der Abtastgeschwindigkeit für jeden Radius leitet der Decoder den Wert des Abstandes von der Symmetriearchse AS her, indem er das Verhältnis zwischen der Dauer des Zeitintervales zwischen zwei Durchgängen und der Dauer von zwei Abtastvorgängen für einen Radius bildet.

**[0053]** Zur Unterscheidung zwischen Hinlauf und Rücklauf müssen binäre Sequenzen ausgesendet werden, deren Zusammensetzung für Hinlauf und Rücklauf voneinander verschieden ist. Beispielsweise kann die binäre Sequenz aus zwei Unterscheidungsbits für oben/unten und drei Bits für den Absolutwert von  $\theta$  während des Hinlaufes bestehen, während sie für den Rücklauf aus zwei Unterscheidungsbits für oben/unten und einem 6 Bit-Wort für Nachrichten besteht. Aufgrund der Länge der Sequenzen kann zwischen Hinlauf und Rücklauf unterschieden werden. Bei diesem Beispiel enthält die Sequenz fünf Bits für den Hinlauf und acht Bits für den Rücklauf.

**[0054]** Eine Variante dieses zweiten Codierverfahrens besteht darin, während des Hinlaufs zwei Unterscheidungsbits für oben/unten und drei Bits für den Absolutwert von  $\theta$  sowie sechs Nachrichtenbits zu übertragen. Während des Rücklaufs wird der Laserstrahl schneller als während des Hinlaufs abgelenkt, wobei jede Zelle während der Dauer einer halben Bitperiode beleuchtet wird. Durch diese Variante kann Zeit gewonnen werden, um die Abtastperiode zu verkürzen.

**[0055]** Eine Ausführungsvariante für das erste und für das zweite Codierverfahren besteht darin, anstelle eines Dauerstrich-Lasers einen Pulslaser zu verwenden, dessen Kadenz höher liegt als die Bitfrequenz; ferner wird dann eine Empfangsvorrichtung verwendet, die für die Laserimpulse ausgelegt ist. Die Laserimpulse bilden dann einen Unterträger, der durch die binäre Sequenz digital moduliert wird, in analoger Weise wie bei einem kontinuierlich sendenden Laser. Hieraus ergibt sich eine Verbesserung des Signals/Rausch-Verhältnisses für dieselbe mittlere Leistung des Lasers. Ferner ergibt sich eine geringere Empfindlichkeit gegenüber Störungen, die durch Flammen und Rauch verursacht werden, welche vom Antrieb des Flugkörpers ausgehen.

**[0056]** Eine weitere Variante besteht darin, einen Dauerstrich-Laser zu verwenden und den Laserstrahl mit einer Kadenz zu zerhacken, die sehr viel höher als die Bitfrequenz der zu übertragenden Sequenz ist. Der Codierer 31 muß dann Logikeinrichtungen aufweisen, um ein Logiksignal zu liefern, welches das Produkt der zu übertragenden Sequenz und eines Zerhackungssignals ist, wodurch dann die zuvor beschriebene Binärsequenz zur Steuerung der Sprünge des Laserstrahls ersetzt wird.

**[0057]** Eine weitere Variante besteht darin, einen Pulslaser zu verwenden, dessen Kadenz der zweifachen Bitfrequenz entspricht, wobei dann Mittel vorgesehen sind, um die Laserfrequenz mit der Bitfrequenz zu synchronisieren. Die Modulation des Strahls besteht darin, zwei Impulse für jedes Bit auszusenden, unabhängig vom Wert desselben. Um ein Bit mit dem Wert 1 zur Zelle 9 auszusenden, wird beispielsweise der erste Impuls zu der Zelle 9 abgelenkt, während der zweite Impuls zu der symmetrisch liegenden Zelle 9' abgelenkt wird. Umgekehrt wird, um ein Bit vom Wert 0 zur Zelle 9 zu senden, der erste Impuls zur Zelle 9' umgelenkt, während der zweite Impuls zur Zelle 9 gelenkt wird.

**[0058]** Wenn ein Pulslaser verwendet wird, werden die beiden Ablenkvorgänge und der Laser miteinander synchronisiert.

**[0059]** Die [Fig. 4](#) zeigt ein Übersichtsschema einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems. Diese Ausführungsform umfaßt Mittel zur Abtastung des Leitkegels, nämlich einen Laser 33, zwei Umlenkspiegel 34, 35, eine afokale optische Anpassungsvorrichtung 36, einen akustooptischen Ablenker 37, eine afokale Zoom-Einheit 38, eine Kreisabtastvorrichtung 40 und Steuermittel 39. Ferner umfaßt sie Verfolgungsmittel, die aus folgendem bestehen: der Kreisabtastvorrichtung 40, einer optischen Vorrichtung 41, einer gekühlten Detektorzeile 42, einer Verfolgungs-Rechenvorrichtung 43, einer Weisungsvorrichtung 44 und einer dichroitischen Platte 45. Ferner sind Einrichtungen vorgesehen, um die Visierlinien automatisch in Übereinstimmung zu bringen: ein Verschluß 46, eine Dämpfungsplatte 47, eine Kubusecke 48, eine Vorrichtung 49 zur Steuerung der Harmonisierung der Visierlinien sowie eine Positions-Nachlaufeinrichtung 50.

**[0060]** Es ist zu beachten, daß die Platte 45 sowohl von den Verfolgungseinrichtungen als auch von den Mitteln zur Harmonisierung der Visierlinien verwendet wird. Ferner umfassen die Verfolgungsmittel und die Mittel

zur Abtastung des Leitkegels einen gemeinsamen optischen Weg, der durch die Weisungsvorrichtung **44** und die Kreisabtastvorrichtung **40** gebildet ist. Diese Integration der Verfolgungsmittel, der Einrichtungen zur Ablenkung des Leitkegels und der Einrichtungen zur Harmonisierung der Visierlinien ermöglicht eine einfache und kompakte Ausführung.

**[0061]** Der Laser **33** ist ein CO<sub>2</sub>-Laser, der kontinuierlich bei der Wellenlänge 10,6 µm und mit linearer Polarisierung arbeitet. Die Umlenkspiegel **34**, **35** haben die Aufgabe, den Raumbedarf der gesamten Vorrichtung zu vermindern. Sie lenken den vom Laser **33** ausgehenden Strahl zum Eingang der Vorrichtung **36** um, welche den Durchmesser und die Divergenz des Laserstrahls an Werte anpaßt, die für die darauffolgenden optischen Elemente geeignet sind. Der akustooptische Ablenker **37** lenkt den Laserstrahl innerhalb einer Ebene ab, die beispielsweise vertikal orientiert ist.

**[0062]** Die Lage des Spiegels **35** ist mittels einer Positions-Nachregelvorrichtung **50** einstellbar, um den Laserstrahl in einer Ebene zu verlagern, die bei diesem Beispiel horizontal ist. Die Vorrichtung **50** empfängt an einem Steuereingang ein Korrektursignal, welches ein Ausgang der Vorrichtung **49** liefert.

**[0063]** Der akustooptische Ablenker **37** besteht aus einer Bragg-Zelle von herkömmlicher Ausbildung. Diese lenkt den Laserstrahl schnell ab. Die Vorrichtung umfaßt einen Germanium-Kristall, der von mechanischen Wellen durchlaufen wird, die ein piezoelektrischer Wandler erzeugt, der durch einen Hochfrequenzgenerator erregt wird. Dieser Generator ist herkömmlich ausgebildet.

**[0064]** Der Ablenker **37** empfängt an einem Eingang eine Sollspannung, die von einem ersten Ausgang der Steuermittel **40** geliefert wird und den Ablenkinkel  $\phi$  definiert. Das den Ablenker **37** verlassende Bündel durchquert anschließend den afokalen Zoom **38**, der es ermöglicht, die Divergenz des Laserstrahls und die Stärke seiner Ablenkung anzupassen, in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen der Abschußstation und dem Flugkörper. Die Verwendung dieses Zooms **38** wird weiter unten erläutert. Der Zoom **38** umfaßt eine herkömmliche Regelanordnung, die durch eine Sollwertspannung gesteuert wird, welche ein zweiter Ausgang der Steuermittel **39** liefert. Diese Spannung stellt einen Vergrößerungswert  $G$  dar, der von der Strecke abhängt, die der Flugkörper seit seinem Start zurückgelegt hat.

**[0065]** Die dichroitische Platte **45** ist für Wellenlängen von größer als 10 µm durchlässig und für Wellenlängen von weniger als 10 µm reflektierend. Der den Zoom **38** verlassende Laserstrahl durchquert die dichroitische Platte **45** mit einer geringen Dämpfung, die auf der Reflexion eines geringen Bruchteils der Energie des Strahls beruht. Anschließend erfolgt eine Ablenkung durch die Kreisabtasteinrichtung **40**, welche die den Strahl enthaltende Ebene im Verlauf der Ablenkung durch den Ablenker **37** verdreht. Wenn der in die Vorrichtung **40** eintretende Strahl einen nicht verschwindenden Winkel mit seiner optischen Achse bildet, verlagert die durch die Vorrichtung **40** bewirkte Kreisabtastung des Strahl auf der Oberfläche eines Kegels, dessen Symmetriearchse die Symmetriearchse AS des Leitkegels ist.

**[0066]** Die Vorrichtung **40** ist mit einem Steuereingang versehen, der mit einem dritten Ausgang der Steuermittel **39** verbunden ist, um eine Sollwertspannung zu empfangen, die den Wert des Winkels  $\theta$  wiedergibt. Eine Ausführungsform der Vorrichtung **40** wird weiter unten beschrieben. Der aus der Vorrichtung **39** austretende Strahl durchquert anschließend die Weisungsvorrichtung **44**, bei der es sich um eine herkömmliche optomechanische Vorrichtung handelt, die durch die Verfolgungs-Rechenschaltung **43** in solcher Weise gesteuert wird, daß die Visierlinie der Vorrichtung **44** dauernd auf das Ziel oder eine zukünftige Position gerichtet bleibt, die von der Vorrichtung **43** vorhergesagt wird. Ein Ausgang der Vorrichtung **44** gibt somit einen Laserstrahl **3** ab, dessen mittlere Richtung die Visierlinie ist, welche durch die Rechenvorrichtung **43** vorgegeben wird, und der sich um diese mittlere Richtung so bewegt, daß der Leitkegel abgetastet wird, mit Ablenkbewegungen, die durch den Ablenker **37** und die Vorrichtung **40** aufgegeben werden.

**[0067]** Die Verfolgung geschieht, indem die Infrarotstrahlung des Ziels erfaßt wird. Diese Strahlung wird in einem Bündel **29** empfangen, welches die Vorrichtungen **44** und **40** durchquert und nahezu vollständig durch die dichroitische Platte **45** auf die optische Vorrichtung **41** reflektiert wird, die ein Bild auf dem Detektor **42** erzeugt. Dieser Detektor besteht aus einer Reihe von Zellen, die im Infrarotbereich photoempfindlich sind. Dieser Detektor wird durch Cryogenmittel gekühlt und besitzt einen Ausgang, der mit einem Eingang der Verfolgungs-Rechenschaltung **43** verbunden ist. Die durch die Vorrichtung **39** bewirkte Kreisabtastung bewirkt, daß das Bild auf der Detektorzeile **42** durchläuft. Der Ausgang dieses Detektors **42** liefert somit ein Videosignal, das ein radial abgetastetes Bild wiedergibt. Die Vorrichtung **43** bestimmt eine Visierlinie aus der Position des Ziels und seiner Bewegungen innerhalb der Bildfolge. Der in der Vorrichtung **43** angewandte Algorithmus ist von herkömmlicher Art.

**[0068]** Die Vorrichtungen **40** und **44** sind optomechanische Vorrichtungen, die über ein ausgedehntes optisches Durchlaßband verfügen, um eine Abbildung des Ziels in einem großen spektralen Bereich zu gewinnen.

**[0069]** In jedem Leitsystem ist eine Harmonisierung zwischen der Visierlinie der Verfolgungseinrichtungen und der Visierlinie der Leitkegel-Abtasteinrichtungen erforderlich. Diese Visierlinien sind nicht streng kolinear, denn die Platte **45** ist nicht exakt um  $45^\circ$  zur optischen Achse des Zooms **38** und der Abtastvorrichtung **40** sowie gegenüber der optischen Achse der optischen Vorrichtung **41** geneigt; ein weiterer Grund besteht darin, daß die optischen Achsen aller optischen Elemente nicht vollkommen stabil sind, wenn Vibratoren und Temperaturänderungen auftreten.

**[0070]** Vor jedem Start führt die Steuervorrichtung **49** automatisch eine Harmonisierung der Visierlinien durch. Zu diesem Zweck steuert sie die Öffnung eines Verschlusses **46**, der zwischen der Platte **45** und der Würfellecke **48** eingefügt ist, in der Verlängerung der optischen Achse der optischen Vorrichtung **41**. Dieser Verschluß **46** läßt dann einen Bruchteil des Laserstrahls durch, der durch die Platte **45** reflektiert wird. Dieser Bruchteil des Laserstrahls wird durch die Würfellecke **48** parallel zu sich selbst zurückreflektiert, unabhängig vom Orientierungsfehler dieser Würfellecke **48**. Anschließend durchquert er den Verschluß **46** und dann die Platte **45** sowie die optische Vorrichtung **41**, um auf einer Zelle des Detektors **42** aufzutreffen.

**[0071]** Wenn die Harmonisierung unvollkommen ist, trifft derjenige Bruchteil des Laserstrahls, der auf dem Detektor **42** ankommt, nicht auf den Punkt, welcher die Bildmitte darstellt. Zur Messung des Harmonisierungsfehlers in zwei orthogonalen Richtungen steuert die Vorrichtung **49** den Ablenker **37**, um eine Ablenkung von vorbestimmter Stärke in der Vertikalebene zu erzeugen, was sich in einer Ablenkung des Laserstrahls äußert, der auf den Detektor **42** auftrifft. Ein Ausgang des Detektors **42** ist mit einem Eingang der Steuervorrichtung **49** verbunden, um ihr das Videosignal zuzuführen, das aus der Ablenkung des Laserstrahls auf dem Detektor **42** resultiert. Die Steuervorrichtung **49** bestimmt zwei Korrektursignale, die sie an einen Korrektureingang des akustooptischen Ablenkers **37** bzw. an einen Steuereingang der Vorrichtung **50** abgibt. Wenn die Vorrichtung **49** diese Maßnahme beendet hat, schließt sie den Verschluß **46**, um zu verhindern, daß der Bruchteil des Laserstrahls den Empfang eines Bildes auf dem Detektor **42** stört.

**[0072]** Obwohl der Bruchteil des Laserstrahls, der von der Platte **45** reflektiert wird, sehr klein gegenüber dem anderen Bruchteil dieses Strahles ist, den die Platte **45** durchläßt, ist es notwendig, eine Dämpfungsplatte **47** auf dem Weg des Bruchteiles anzusetzen, der durch die Würfellecke **48** reflektiert wird, um den Detektor **42** nicht in die Sättigung zu treiben.

**[0073]** Die Messung des Harmonisierungsfehlers erfolgt für mehrere Vergrößerungswerte des Zooms **38**. Die verschiedenen entsprechenden Werte der Korrektursignale werden in der Vorrichtung **49** gespeichert und in Realzeit den Vorrichtungen **37**, **50** zugeführt, im Rhythmus der Zunahme des Vergrößerungswertes während des Fluges des Flugkörpers.

**[0074]** Die Steuermittel **39** umfassen: eine Ablaufsteuerung **30**, einen Codierer **31** und eine Vorrichtung **32** zur Vergrößerungsberechnung. Die Ablaufsteuerung **30** besitzt drei Ausgänge: einen ersten Ausgang, der einen Winkelwert  $\theta$  an einen Eingang des Codierers **31** abgibt und den dritten Ausgang der Mittel **39** bildet; einen zweiten Ausgang, der ein Signal beim Flugkörperstart an einen Eingang der Vorrichtung **32** zur Vergrößerungsberechnung abgibt; ferner einen dritten Ausgang, der den Wert  $p$  liefert. Die Vorrichtung **32** bestimmt die von dem Flugkörper zurückgelegte Strecke ab dem Zeitpunkt seines Startes und leitet daraus den Vergrößerungswert  $G$  ab. Ein Ausgang der Vorrichtung **32** bildet den zweiten Ausgang der Mittel **39**.

**[0075]** Der Codierer **31** besitzt ferner einen Eingang, der mit einem Ausgang der Vorrichtung **43** zur Verfolgungsberechnung verbunden ist, um ihm ein binäres Wort zuzuführen, das eine zum Flugkörper zu übertragende Nachricht darstellt. Der Codierer **31** bildet eine binäre Sequenz, die aus dem Wert  $p$ , dem Wert  $\theta$  und dem Nachrichtenwort besteht. Aus dem Wert  $p$  bestimmt der Codierer **31** einen Ablenkungs-Winkelwert  $\phi$ , welcher der Position einer zu einem betrachteten Zeitpunkt zu beleuchtenden Zelle sowie derjenigen Zelle entspricht, die in bezug auf die Symmetriearchse des Leitkegels symmetrisch gelegen ist. Zur Beleuchtung dieser zwei Zellen moduliert der Codierer **31** den Laserstrahl mit der binären Sequenz und liefert an den Ablenker **37** ein Sollwertsignal, dessen Wert zunächst  $+\phi$  und dann  $-\phi$  ist, um erst den Wert 1 und dann den Wert 0 zu übermitteln.

**[0076]** In dem Ablenker **37** wird das durch die Vorrichtung **39** gelieferte Signal algebraisch zu dem Sollwertsignal addiert, welches der Codierer **31** liefert.

**[0077]** Die [Fig. 5](#) zeigt schematisch eine Ausführungsform der Kreisabtastvorrichtung **40**. Sie umfaßt im wesentlichen einen Zylinder **20**, der um eine Achse BB' rotiert, welche die optische Achse der Vorrichtung bildet; dieser Zylinder enthält zwei Prismen **21, 22** sowie einen Spiegel **23**. Die beiden Prismen **21, 22** und der Spiegel **23** sind am Zylinder **20** symmetrisch in bezug auf eine Symmetrieebene dieses Zylinders befestigt, die senkrecht zu seiner Symmetriearchse ist. Ein Lichtstrahl, der in den Zylinder **20** eintritt und mit der Achse BB' zusammenfällt, wird durch das Prisma **21** zum Spiegel **23** abgelenkt, wird reflektiert und dann durch das Prisma **22** abgelenkt, um aus dem Zylinder **20** erneut entlang der Achse BB' auszutreten. Wenn die auftreffende Strahlung einen nicht verschwindenden Winkel mit der Achse BB' bildet, dreht sich der aus dem Zylinder **20** austretende Strahl um einen Kegel, dessen Symmetriearchse BB' ist und dessen Öffnungswinkel gleich dem Neigungswinkel des eintreffenden Strahls in bezug auf die Achse BB' ist.

**[0078]** Der Zylinder **20** wird mit konstanter Geschwindigkeit durch einen Elektromotor **27** in Drehung versetzt, an welchen er durch eine mechanische Übertragungsvorrichtung **26** angekoppelt ist. Ein Positionsgeber **24** ist an den Zylinder **20** über eine mechanische Übertragungsvorrichtung **25** angekoppelt und liefert ein elektrisches Signal, welches die Winkelposition des Zylinders **20** um die Achse BB' in bezug auf eine Referenzgröße wiedergibt, die z. B. die Vertikale ist. Eine Positionsregelvorrichtung **28** empfängt dieses elektrische Signal an einem ersten Eingang und empfängt ein Sollwertsignal, das den Wert  $\theta$  darstellt, an einem zweiten Eingang. Ein Ausgang der Vorrichtung **28** ist mit einem Eingang des Motors **27** verbunden, um diesem ein Ansteuersignal zuzuführen, welches von der Differenz zwischen dem Sollwertsignal und dem Meßsignal abhängt, das der Melder **24** liefert.

**[0079]** Zur Verwirklichung der Kreisabtastung können auch andere Vorrichtungen verwendet werden: Wollaston-Prima, Péchant-Prisma, rotierendes Zweiflach usw.

**[0080]** Die [Fig. 6](#) bis [Fig. 8](#) veranschaulichen die Funktionsweise dieser Ausführungsform des erfindungsgemäßen Leitsystems. Die [Fig. 6](#) zeigt die Evolution des Leitkegels im Verlaufe des Fluges des Flugkörpers **4**. Zu dem betrachteten Zeitpunkt wird der Flugkörper **4** durch einen Leitkegel **5** gelenkt, der eine Schnittfläche **55** mit einer Ebene aufweist, die senkrecht zur Symmetriearchse AS des Leitkegels ist. Diese Oberfläche **55** ist annähernd kreisrund und besitzt einen Durchmesser, der sich in Abhängigkeit von der Wegstrecke ändert, die der Flugkörper **4** zurückgelegt hat. Die Evolution des Durchmessers dieser Oberfläche **55** ist gestrichelt dargestellt.

**[0081]** Wenn der Flugkörper **4** von einer Rampe **58** gestapelt wird, wird der Richtstrahl von einem Leitsystem **57** gesendet, das sich in der Nähe der Rampe **58** befindet. Die Visierlinie LV des Leitsystems **57** fällt mit der Symmetriearchse AS des Leitkegels zusammen. Die Abschußlinie der Rampe **58** ist parallel zu dieser Visierlinie, fällt jedoch nicht mit ihr zusammen. Zu Beginn des Fluges befindet sich der Flugkörper also außerhalb des Leitkegels. Um zu vermeiden, daß der Flugkörper den Leitkegel verläßt und verlorenginge, wird der Öffnungswinkel des Leitkegels während einer sogenannten Nachführungsphase vergrößert, bis der Flugkörper eine Strecke  $d_1$  zurückgelegt hat.

**[0082]** Während dieser Nachführungsphase besitzt der Leitkegel **51** eine feste Öffnung, die relativ groß ist und erreicht wird, indem die Ablenkamplitude der durch den akustooptischen Ablenker **37** bewirkten Ablenkung vergrößert wird. Zu diesem Zweck liefert der Codierer **31** dem Ablenker **37** Sollwerte  $\phi$ , die größer sind als die, welche der anschließenden Flugphase entsprechen. Während dieser Nachführungsphase empfängt der Zoom **38** einen Vergrößerungswert  $G$ , welcher der Minimalwert ist. Die Anzahl von elementaren Zellen, die den Leitkegel bilden, ist während des gesamten Fluges des Flugkörpers konstant, jedoch liegen während der Nachführungsphase die elementaren Zellen am Umfang des Leitkegels **51**. Es gibt somit einen inaktiven Regel **56**, worin sich keinerlei elementare Zelle befindet und keine Lenkung stattfindet. Der Flugkörper **4** dringt in den Leitkegel **51** ein, indem er die Peripherie schräg durchquert, so daß das Fehlen von Zellen in der Nähe der Achse des Leitkegels ohne Bedeutung ist.

**[0083]** Die [Fig. 7](#) zeigt den Schnitt der Leitzellen mit einer Ebene, die senkrecht zur Symmetriearchse AS ist, zu einem Zeitpunkt der Nachführungsphase, welcher beispielsweise der zurückgelegten Wegstrecke  $d_1$  entspricht.

**[0084]** Auf diese Nachführungsphase folgen drei weitere Leitphasen. Während sich der Flugkörper in einer Entfernung befindet, die zwischen  $d_1$  und einer Entfernung  $d_2$  liegt, wird der Durchmesser der Schnittfläche des Leitkegels konstantgehalten, indem die Ablenkamplitude des akustooptischen Ablenkers **37** konstantgehalten wird, in Abhängigkeit von der vom Flugkörper zurückgelegten Strecke. Die Oberfläche **55** verlagert sich dann und erzeugt einen Zylinder **52**. Während sich der Flugkörper entfernt, nimmt der Durchmesser der

Schnittfläche jeder elementaren Zelle zu. Da der Durchmesser des Leitkegels konstant ist und die Anzahl von elementaren Zellen gleichfalls konstant ist, nehmen sie nach und nach einen immer größeren Anteil der Oberfläche **55** ein und nähern sich immer mehr der Achse des Kegels.

**[0085]** Die [Fig. 8](#) zeigt die Schnittflächen aller elementaren Zellen, die den Leitkegel bilden, wenn der Flugkörper sich der Entfernung d2 nähert. Aus dieser Figur geht hervor, daß eine Vergrößerung der Schnittfläche jeder elementaren Zelle eintritt und eine Verminderung der Schnittfläche des inaktiven Kegels **56** eintritt. Wenn der Flugkörper die Entfernung d2 erreicht, gibt es keinen inaktiven Kegel mehr, und die elementaren Zellen, welche der Symmetriearchse AS am nächsten liegen, überdecken einander und umschließen diese Achse.

**[0086]** Wenn sich der Flugkörper in einer Entfernung befindet, die zwischen d2 und einer Entfernung d3 liegt, wird der Durchmesser der Schnittfläche **55** konstantgehalten. Zu diesem Zweck vergrößert die Vorrichtung **32** den Sollwert für die Vergrößerung G, die dem Zoom **38** zugeführt wird. Die Oberfläche **55** bewegt sich daher mit dem Flugkörper in einem Zylinder **53**.

**[0087]** Wenn der Flugkörper die Entfernung d3 überschreitet, hat der Zoom **38** seine maximale Vergrößerung erreicht, und es ist nicht mehr möglich, den Durchmesser der Oberfläche **55** konstantzuhalten. Diese verlagert sich daher und wird linear größer, in Abhängigkeit von der zurückgelegten Wegstrecke, um einen Kegel **54** zu erzeugen, der eine kleine Öffnung aufweist.

**[0088]** Die Vorrichtung **32** zur Berechnung der Vergrößerung empfängt ein Startsignal, welches die Ablaufsteuerung **30** liefert. Ab diesem Zeitpunkt bestimmt sie die Werte für die Vergrößerung G in Abhängigkeit von einem vorbestimmten Zeitgesetz. Die Ablaufsteuerung **30** bestimmt eine Folge von Werten  $\theta$  und eine Folge von Werten p, wodurch die Abtastung des Kegels mittels des Ablenkens **37** und der Vorrichtung **40** verwirklicht wird. Die Folge von Werten p entwickelt sich in Abhängigkeit von der Zeit ab dem Start des Flugkörpers gemäß einem vorbestimmten Zeitgesetz. Die Bestimmung dieser beiden Gesetze aus den optischen Gesetzen und aus den Kenndaten des Zooms **38** sowie des Ablenkens **37** liegt im Rahmen fachmännischen Könnens. Der Codierer **31** und die Rechenvorrichtung **32** können durch einen Mikroprozessor gebildet sein. Seine Programmierung liegt gleichfalls im Rahmen fachmännischen Könnens.

**[0089]** Die [Fig. 9](#) zeigt schematisch eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäß System, welches sich von der ersten Ausführungsform dadurch unterscheidet, daß für die Verfolgung ein anderer optischer Signalalaufnehmer verwendet wird. Diese Ausführungsform umfaßt einen Bildaufnehmer **60**, der ein zweidimensionales Bild durch eine Abtastung vom Fernseh-Typ analysiert, wobei jedes Bild aus zueinander parallelen Zeilen besteht. Diejenigen Elemente, die analog zu denen bei der ersten Ausführungsform sind, tragen dieselben Bezugszahlen, jedoch mit einem Apostroph.

**[0090]** Da der Bildaufnehmer **60** eine Analyse gemäß zwei orthogonalen Achsen durchführt, wird die Kreisabtastvorrichtung nicht für die Analyse dieses Bildes verwendet. Der gemeinsame Kanal für die Verfolgung und für die Mittel zur Abtastung des Leitkegels ist somit auf die Weisungsvorrichtung **44'** reduziert. Andererseits ist die Kreisabtastvorrichtung **40'** vor dem aphokalen Zoom **38'** angeordnet, während die Kreisabtastvorrichtung **40'** sich hinter dem aphokalen Zoom **38** befand. Diese neue Anordnung ermöglicht es, eine Kreisabtastvorrichtung **40'** zu verwenden, die für einen kleineren Strahldurchmesser als bei der zuvor beschriebenen Ausführungsform ausgelegt ist.

**[0091]** Im übrigen stimmt die Vorrichtung mit der ersten Ausführungsform überein. Ein Laser **33'** liefert einen Strahl, der nacheinander durch zwei Umlenkspiegel **34'**, **35'** reflektiert wird. Der Laserstrahl durchquert anschließend nacheinander: eine afokale optische Anpassungsvorrichtung **36'**; einen akustooptischen Ablenker **37'**; die Kreisabtastvorrichtung **39'**; den afokalen Zoom **38'**; eine dichroitische Platte **45'**; und die Weisungsvorrichtung **44'**. Die zweite Ausführungsform umfaßt ferner: Steuermittel **39'**; eine optische Vorrichtung **41'** zur Erzeugung eines Bildes auf dem Bildaufnehmer **60**; eine Vorrichtung **49'** zur Steuerung der Harmonisierung zwischen den Visierlinien; einen Verschluß **46'**; eine dämpfende Platte **47'**; eine Würfecke **48'**; und eine Positionsregelung **50'**.

**[0092]** Im Rahmen der zahlreichen Ausführungsformen der Erfindung ist es insbesondere vorgesehen, eine dichroitische Platte zu verwenden, welche bei der Wellenlänge des Laserlichtes reflektiert und bei den Wellenlängen zur Erzeugung eines Zielbildes durchlässig ist. In diesem Falle ergibt sich eine Permutation des optischen Weges der Mittel zur Abtastung des Leitkegels mit dem optischen Weg, der durch den Verschluß, die dämpfende Platte und die Würfecke gebildet ist.

**[0093]** Ferner kann auch ein Laser verwendet werden, dessen Wellenlänge von 10,6 µm abweicht.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- "Optical Command and Beamrider missile guidance", R. L. Sitton, SPIE. Vol. 317, S. 358–364 [[0005](#)]
- "An improved acousto-optic laser scanner guidance system Michael Higgins, Gerald Titmuss, John Evans, Richard Martyn, British Aerospace U. K." [[0007](#)]

### Patentansprüche

1. Leitsystem für Projektil, bei welchem ein Richtstrahl verwendet wird, der in Polarkoordinaten codiert ist, wobei die Abschußstation (1) umfaßt:

- Mittel (40 bis 45) zur Verfolgung eines Ziels (2) und Definition einer Visierlinie (LV);
  - Mittel (30 bis 40, 44) zur Abtastung eines als Leitkegel bezeichneten Raumbereiches mittels des durch einen Laser (33) erzeugten Strahls (3), wobei dieser Leitkegel eine Symmetriearchse (AS) aufweist, dessen Lage der Visierlinie (LV) nachgeregelt wird, und dieser Leitkegel (5) aus elementaren Zellen (10 bis 13; 10' bis 13') zusammengesetzt ist, die nacheinander durch den Strahl (3) beleuchtet werden; wobei das Projektil (4) aufweist:
  - Mittel zum Empfangen des Laserstrahls (3); Mittel zum Bestimmen derjenigen Zelle, in welcher sich das Projektil befindet; und Mittel, um daraus eine Korrektur der Flugbahn des Projektils in solcher Weise abzuleiten, daß es sich an die Symmetriearchse (AS) des Leitkegels (5) annähert;
  - Mittel zur Durchführung dieser Korrektur der Flugbahnen;
- dadurch gekennzeichnet**, daß die Abtastmittel (30 bis 40, 44) aufweisen:
- Mittel (37), um den Strahl (3) in einer Ebene abzulenken, welche durch die Symmetriearchse (AS) des Leitkegels verläuft;
  - Mittel (39) zur Ablenkung des Strahls (3), indem diese Ebene um die Symmetriearchse (AS) des Leitkegels (5) verdreht wird;
  - Mittel (30, 31, 37) zur Modulation des Laserstrahls (3) mit einer binären Sequenz, die für jede Zelle verschieden ist;
- und daß die Mittel zum Empfangen des Laserstrahls (3) Einrichtungen aufweisen, um diesen Strahl zu demodulieren und die binäre Sequenz zu decodieren.

2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulationsmittel (30, 31, 37) einen Codierer (31) aufweisen, um binäre Sequenzen von solcher Art zu liefern, daß jede einer Zelle entsprechende Sequenz enthält: ein erstes Binärwort, welches die Winkelposition ( $\theta$ ) einer Ebene wiedergibt, welche durch diese Zelle (6) und die Symmetriearchse (AS) des Leitkegels (5) verläuft, wobei diese Winkelposition eine erste Koordinate des Ziels (6) bildet; und ein zweites Binärwort, welches die Entfernung ( $\rho$ ) dieser Zelle (6) von der Symmetriearchse (AS) wiedergibt, wobei diese Entfernung eine zweite Koordinate der Zelle (6) in einem Polarkoordinatensystem wiedergibt, dessen Ursprung (o) auf der Symmetriearchse (AS) des Leitkegels (5) liegt.

3. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastmittel (30 bis 40, 44) jede Zelle im Verlaufe einer Abtastperiode des gesamten Leitkegels zweimal abtasten, mit einer konstanten Geschwindigkeit während eines Hinlaufs und einer konstanten Geschwindigkeit während eines Rücklaufs; und daß die Modulationsmittel (30, 31, 37) einen Codierer (31) aufweisen, um binäre Sequenzen von solcher Art zu liefern, daß jede einer Zelle entsprechende Sequenz ein binäres Wort enthält, das eine Winkelposition ( $\theta$ ) einer Ebene wiedergibt, die durch diese Zelle (6) und die Symmetriearchse (AS) des Leitkegels (5) verläuft, wobei diese Winkelposition eine erste Koordinate des Projektils (4) in dem Leitkegel (5) darstellt; und dergestalt, daß ihre Zusammensetzung es ermöglicht, zwischen Hinlauf und Rücklauf zu unterscheiden; und daß die Mittel zum Empfangen des Laserstrahls feststellen, in welcher Zelle sich das Projektil (4) befindet, Einrichtungen aufweisen, um jeweils die Dauer des Intervalls zwischen zwei Zeitpunkten zu messen, zu denen der Laserstrahl (3) empfangen wird, um daraus eine zweite Koordinate ( $\rho$ ) abzuleiten.

4. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Modulation des Laserstrahls (3), der in eine gegebene Zelle (9) gesendet wird, Einrichtungen (31, 37) vorgesehen sind, um den Strahl (3) für jedes Bit der Sequenz mit einem vorbestimmten Wert (0) zu einer Zelle (9') abzulenken, die symmetrisch zu der gegebenen Zelle (9) in bezug auf die Symmetriearchse (AS) liegt, und den Strahl für jedes Bit mit dem entgegengesetzten Wert (1) zu der gegebenen Zelle (9) abzulenken.

5. System nach einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulationsmittel (30, 31, 37) einen Codierer (31) umfassen, der ferner eine zu übertragende Nachricht in der binären Sequenz codiert; und daß die Mittel zum Empfangen des Laserstrahls (13) einen Decoder zum Decodieren dieser Nachricht umfassen.

6. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (40 bis 45) zur Zielverfolgung und die Mittel (30 bis 40, 44) zur Abtastung des Leitkegels (5) einen gemeinsamen optischen Weg aufweisen, der durch eine Weisungsvorrichtung (44) gebildet ist, welche die Visierlinie der Verfolgungsmittel und die Visierlinie der Abtastmittel orientiert und durch die Mittel (40) zur Ablenkung des Strahls (3) in einer Ebene gebildet ist, welche durch die Symmetriearchse (AS) verläuft; wobei diese Mittel (40) und die Weisungsvorrichtung (44)

durch den Laserstrahl (3) in dem einen Sinne und im entgegengesetzten Sinne durch einen Lichtstrahl (29) durchlaufen werden, der in der Visierlinie (LV) aufgefangen wird.

7. System nach Anspruch 6, bei welchem die Zielverfolgungsmittel einen optischen Detektor (42) aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß zur Harmonisierung der Visierlinie der Zielverfolgungsmittel (40 bis 45) mit der Visierlinie der Mittel (30 bis 40, 44) zur Abtastung des Leitkegels vorgesehen sind: eine halbdurchlässige Platte (45); und eine katadioptrische Vorrichtung (48); wobei diese Elemente in solcher Weise angeordnet sind, daß ein Bruchteil des Laserstrahls zu einem vorbestimmten Punkt des Detektors (42) projiziert wird, wenn die Visierlinien miteinander harmonisiert sind.

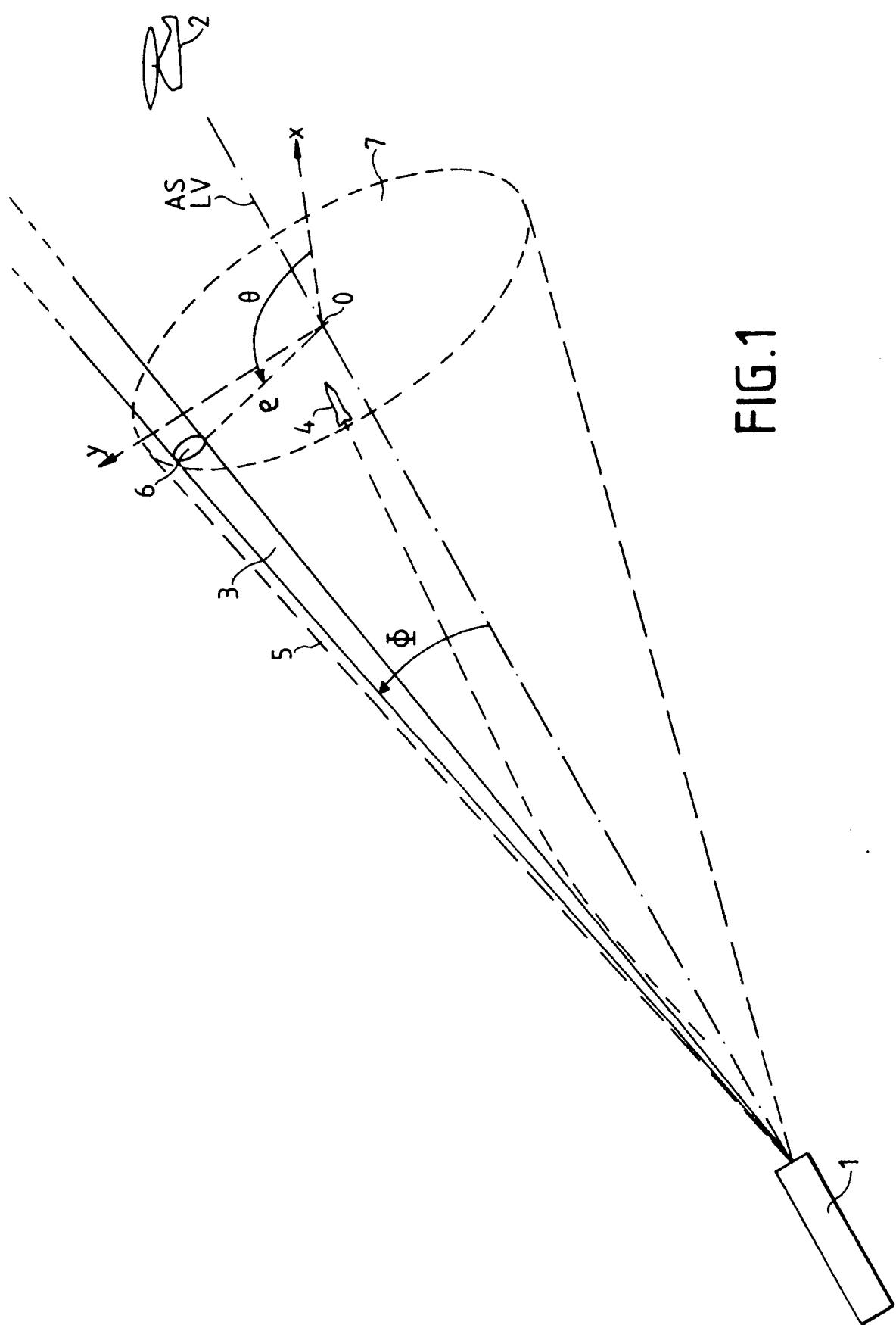
8. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser (33) ein Dauerstrich-Laser ist und daß die Modulationsmittel ferner Einrichtungen (31) aufweisen, um den Laserstrahl (33) mit einer Frequenz zu zerhacken, die sehr viel größer als die Frequenz der Bits in der zu übertragenden binären Sequenz ist.

9. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser (33) ein Pulslaser ist, dessen Frequenz größer als die der zu übertragenden binären Bitsequenz ist.

10. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser (33) ein Pulslaser ist, dessen Frequenz doppelt so groß ist wie die der Bits der zu übertragenden binären Sequenz, und daß die Modulationsmittel ferner Einrichtungen aufweisen, um den Laser mit der Frequenz der Bits in der Sequenz zu synchronisieren.

11. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastmittel (30 bis 40, 44) Einrichtungen (30 bis 32) aufweisen, um die Öffnung (51) des Leitkegels (5) in Abhängigkeit von der Wegstrecke zu verändern, die das Projektil (4) zurückgelegt hat, wobei diese Öffnung während einer sogenannten Nachführungsphase größer ist, in deren Verlauf das Projektil (4) in den Leitkegel (5) eintritt; wobei ferner Mittel vorgesehen sind, um die elementaren Zellen (6) während der Nachführungsphase am Umfang des Leitkegels (5) zu verteilen, während eine zentrale Zone (56) ohne Zellen verbleibt.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen



1.

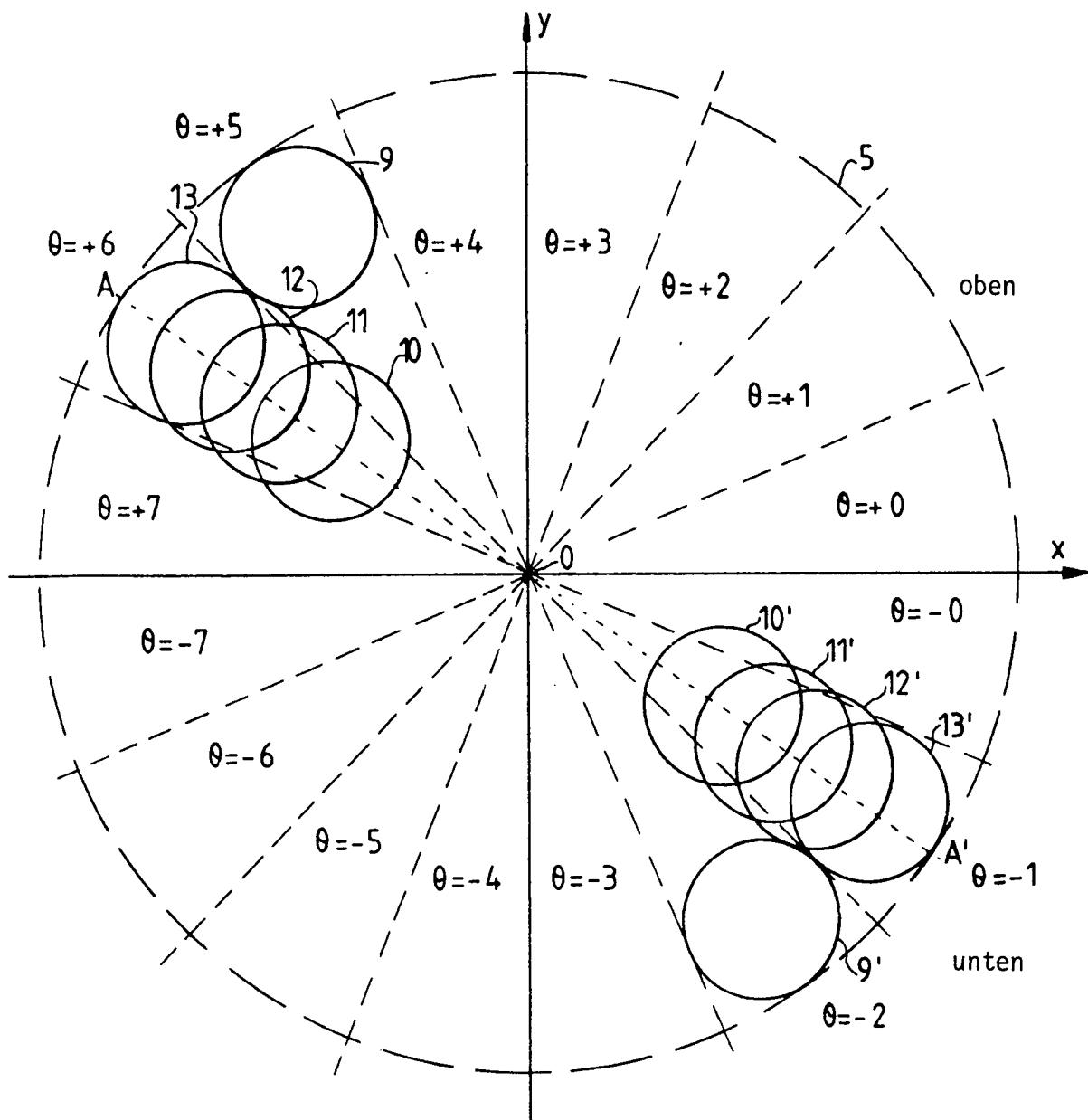


FIG. 2

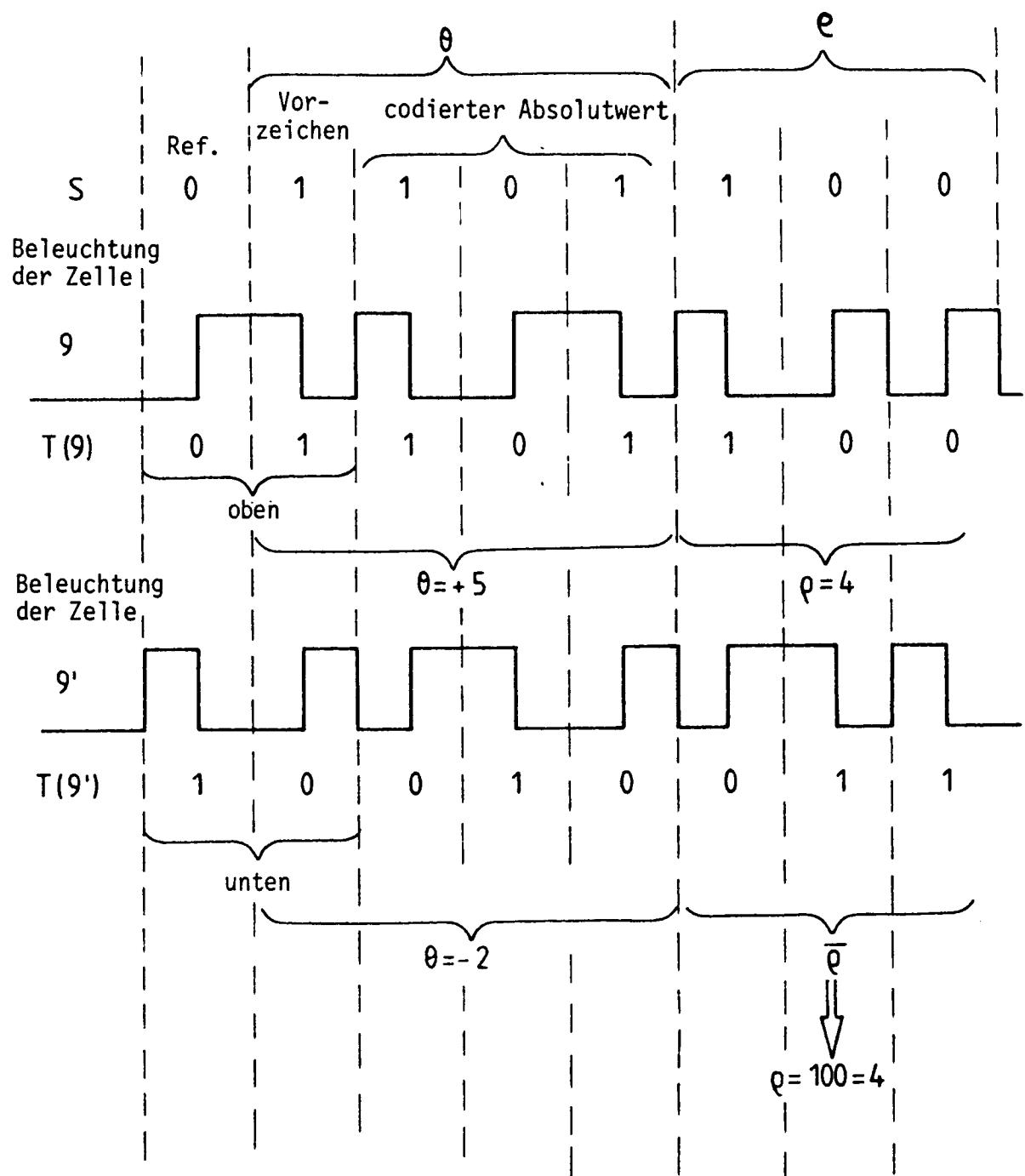


FIG.3

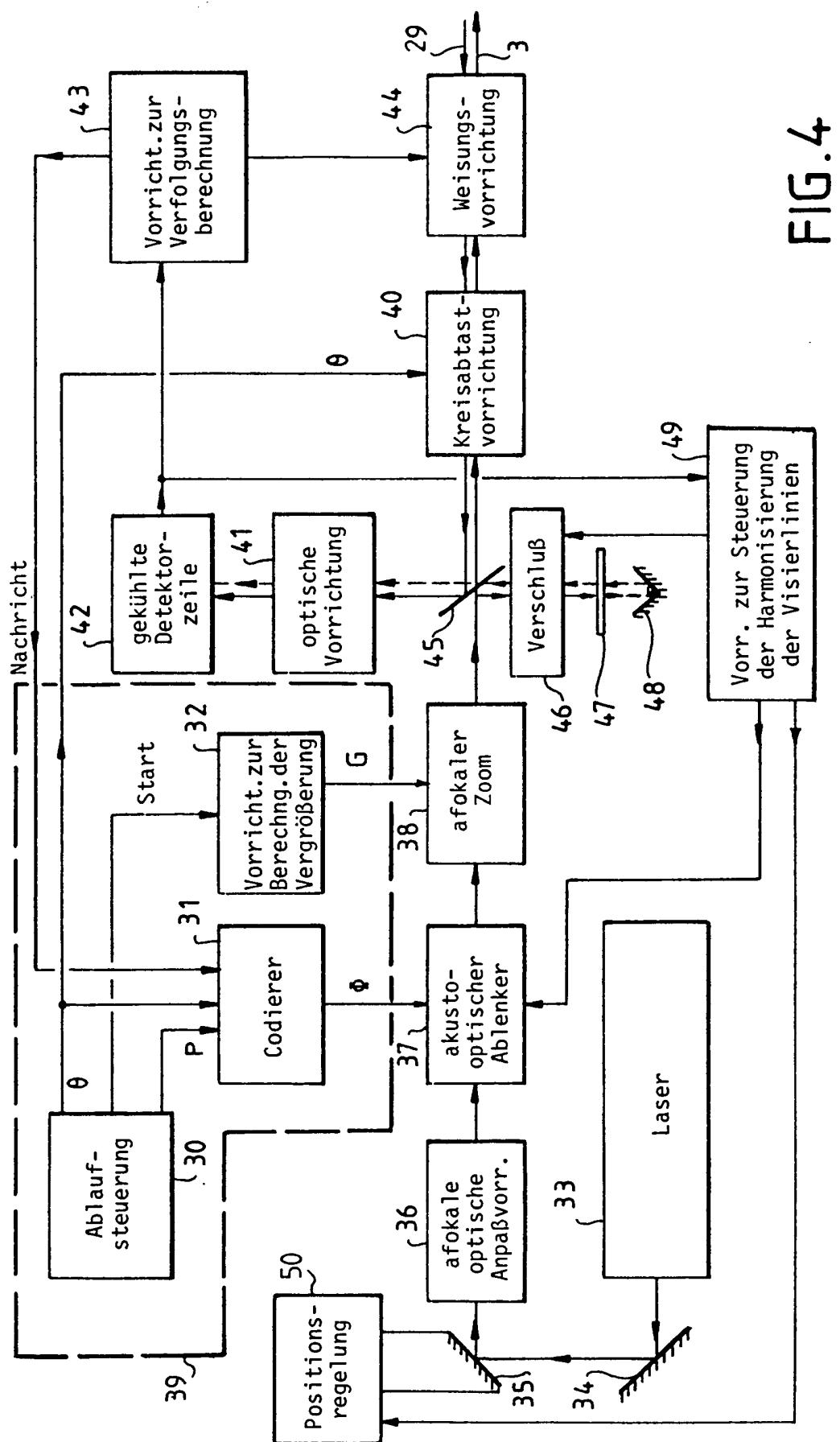


FIG. 4

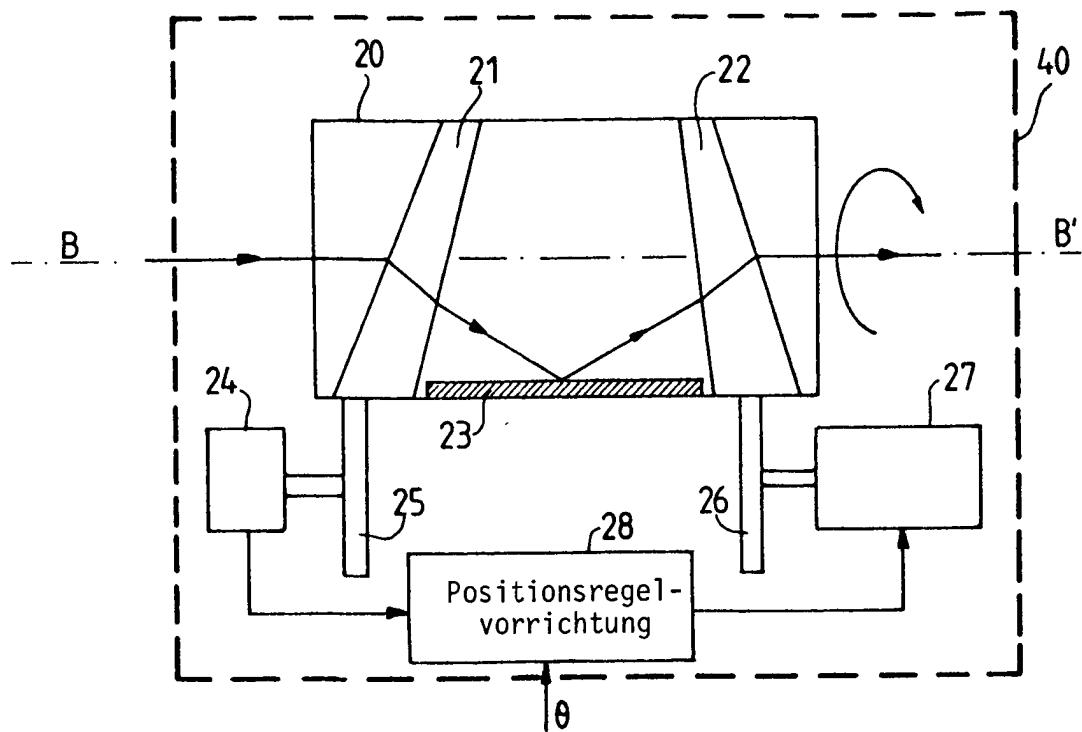


FIG. 5

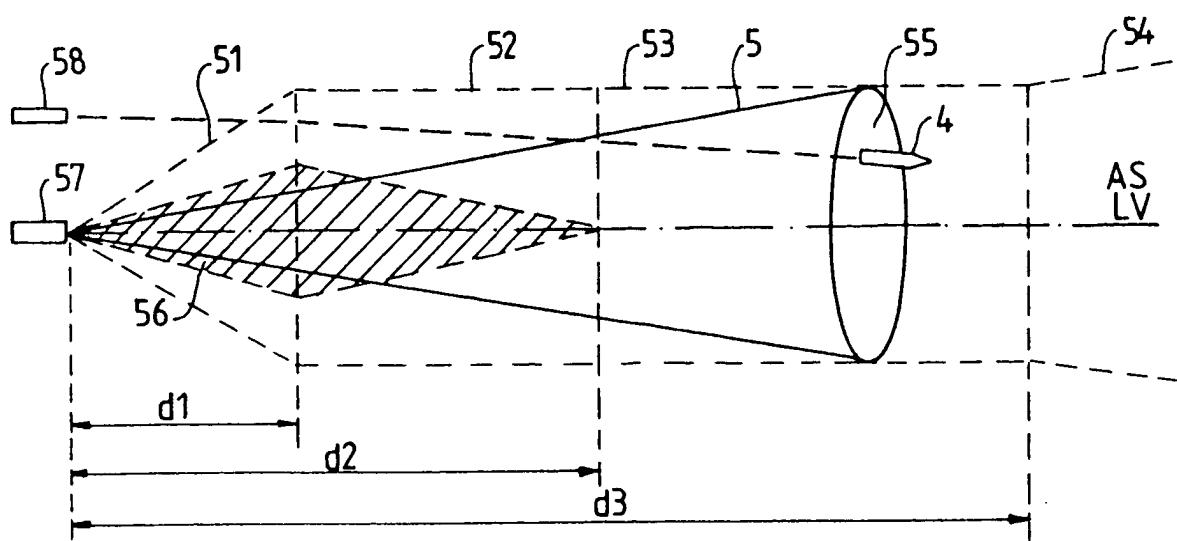


FIG. 6

