



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 797 069 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
24.09.1997 Patentblatt 1997/39

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: F41G 7/34

(21) Anmeldenummer: 97103934.2

(22) Anmeldetag: 10.03.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB SE

(72) Erfinder: Freysoldt, Frank  
88690 Uhdingen (DE)

(30) Priorität: 23.03.1996 DE 19611609

(74) Vertreter: Wolgast, Rudolf, Dipl.-Chem. Dr. et al  
Dipl.-Phys. Jürgen Weisse,  
Dipl.-Chem. Dr. Rudolf Wolgast,  
Postfach 11 03 86  
42531 Velbert (DE)

(71) Anmelder: Bodenseewerk Gerätetechnik GmbH  
88662 Überlingen (DE)

### (54) Vorrichtung zur Abtastung eines Gesichtsfeldes

(57) Bei einer Vorrichtung zur Abtastung eines Gesichtsfeldes mittels auf elektromagnetische Strahlung ansprechender Sensoren, insbesondere zur Beobachtung eines Geländes mittels eines unbemannten Flugkörpers (Bildrohre), ist das Gesichtsfeld mittels einer Mehrzahl von Abtaststrahlengängen mit je einem eigenen optischen System (12,16,20) abtastbar, und sind die Abtaststrahlengänge zur Erzeugung einer Abtastbewegung durch ein gemeinsames Ablenksystem (22;40) in gleicher Weise ablenkbar. Die Abtaststrahlengänge überlappen sich im Bereich des abzutastenden Gesichtsfeldes wenigstens teilweise. In mehreren Abtaststrahlengängen sind Bereiche des abzutastenden Gesichtsfeldes durch die jeweiligen optischen Systeme (12,16) auf je einen Sensor (10,14) abbildbar. Die Sensoren (10,14) sind in unterschiedlichen Spektralbereichen empfindlich. In einem der Abtaststrahlengänge ist ein Bereich des abzutastenden Gesichtsfeldes mittels eines Lasers (18) beleuchtbar. In einem anderen Abtaststrahlengang ist durch das optische System (16) wenigstens ein Teil des so beleuchteten Bereiches auf einen für die Strahlung der Lichtquelle (18) empfindlichen Sensor (14) abbildbar ist.

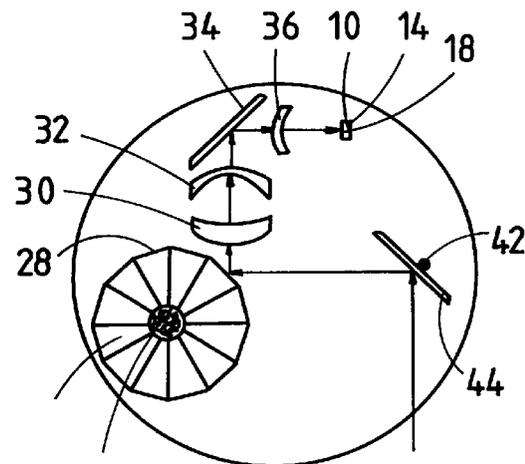


Fig. 1

EP 0 797 069 A2

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Abtastung eines Gesichtsfeldes mittels auf elektromagnetische Strahlung ansprechender Sensoren, insbesondere zur Beobachtung eines Geländes mittels eines unbemannten Flugkörpers (Bildrohne).

### Zugrundeliegender Stand der Technik

Es ist bekannt, vorgegebene Bereiche bzw. Gesichtsfelder durch Sensoren abzutasten. Die US-PS-5 332 176 beschreibt eine Vorrichtung zum Erfassen von einem Objekt. Zu diesem Zweck wird eine Detektoranordnung durch einen Motor so hinund herbewegt, daß ein bestimmtes Gesichtsfeld erfaßt wird. In dieser Weise wird die Position des Objekts festgestellt.

US-PS-3 822 098 beschreibt eine Vorrichtung zum Erfassen und Identifizieren von Objekte. Ein Laserstrahl wird mittels eines Abtastspiegels auf ein zu erfassendes Objekt gerichtet und die von dem Objekt reflektierte Strahlung wird von einem Multispektralsensor erfaßt. Der Multispektralsensor besteht aus einem optischen System und eine Mehrzahl hinter dem optischen System angeordneten Detektoren. Das optische System enthält Linsen und ein Nicolsches Prisma. Den Detektoren sind Filter vorgeschaltet, wodurch die Detektoren auf Licht unterschiedlicher Frequenz ansprechen. Mit dieser Multispektral-Vorrichtung ist es möglich, nicht nur das an der Oberfläche des Objekts gestreute Licht, sondern auch im Volumen des Objekts gestreutes Licht zu erfassen und so weitere Informationen wie Materialzusammensetzung, Farbe, Dichte etc. über das Objekt zu erhalten.

Durch die DE-A1-4 433 705 ist ein optisches Abrastersystem zur Verwendung in einem Laserdrucker bekannt. Das Licht eines Lasers durchläßt ein optisches System und fällt auf einen Polygonspiegel, welcher den Laserstrahl auf eine Abrasterfläche reflektiert. Durch Rotations des Polygonspiegels wird die Abrasterfläche zeilenweise abgerastet. Die Abrasterfläche wird mit vorgegebener Geschwindigkeit rechtwinklig zu der Abrastbewegung des Laserstrahls bewegt. Durch ein dem Laser zugeführtes, elektrisches Signal kann die Form und Größe des Laserstrahlsflecks verändert werden.

Durch die DE-C-3 615 374 ist eine Einrichtung zum verschwenkbaren Abstrahlen von Laserenergie bekannt. Ein Laserstrahl von einem feststehenden Laser wird durch einen drehbaren Umlenkspiegel in verschiedenen Richtungen ausgestrahlt. Der Umlenkspiegel wird von mehreren Stellmotoren verstellt. Die Stellmotoren und der Umlenkspiegel sind in einem aus strahlungsdurchlässigem Material bestehenden Hohlkörper gelagert, so daß der Laserstrahl in beliebiger Richtung gelenkt werden kann. Dadurch werden konstruktiv bedingte Abschattungen des Laserstrahls in einzelnen Richtungen vermieden.

Es ist weiterhin bekannt, zur Luftaufklärung unbemannte Luftfahrzeuge als "Bildrohnen" einzusetzen. Solche Bildrohnen sind häufig mit einem auf infrarote Strahlung ansprechenden, bildauflösenden Sensor und einem Bildverarbeitungs-System versehen, um Ziele auch bei Nacht oder schlechten Sichtverhältnissen erkennen zu können.

### Offenbarung der Erfindung

Die Aufgabenstellungen an abtastenden Sensoreinheiten werden immer komplexer. Es besteht oft der Wunsch, möglichst viele Informationen über Objekte oder Geländestrukturen gleichzeitig zu erfassen. Dies gilt insbesondere für Sensoreinheiten in autonom fliegenden Luftfahrzeuge zur Luftaufklärung, wobei in zunehmendem Maße eine hochauflösende, abbildende Multimode-Sensorik benötigt wird. Unter hochauflösend versteht man hierbei eine räumliche Auflösung von von 1 bis 10 cm.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zu schaffen, welche die Abtastung eines Gesichtsfeldes, insbesondere eines Geländes, durch verschiedene voneinander unabhängige Abtaststrahlengänge bei eindeutiger räumlicher Zuordnung der durch jeden Abtaststrahlengang erfaßten Bereiche des Gesichtsfeldes oder Geländes gestattet.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß

- (a) das Gesichtsfeld mittels einer Mehrzahl von Abtaststrahlengängen mit je einem eigenen optischen System abtastbar ist,
- (b) die Abtaststrahlengänge zur Erzeugung einer Abtastbewegung durch ein gemeinsames Ablenk-system in gleicher Weise ablenkbar sind.

Nach der Erfindung werden somit mehrere voneinander unabhängige Abtaststrahlengänge durch je ein optisches System erzeugt. Diese Abtaststrahlengänge werden durch ein gemeinsames Ablenk-system in gleicher Weise abgelenkt. Dadurch wird sichergestellt, daß die den verschiedenen Abtaststrahlengängen zugeordneten Bereiche des Gesichtsfeldes bzw. Geländes eine definierte Lage zueinander besitzen, üblicherweise im wesentlichen zusammenfallen. Es kann dann durch verschiedene, in unterschiedlichen Spektralbereichen empfindliche Sensoren jeweils ein und dieselbe Stelle des Gesichtsfeldes bzw. Geländes beobachtet werden. Aus den Informationen, die von den verschiedenen Sensoren geliefert werden, können Schlüsse auf die Natur eines an dieser Stelle befindlichen Objektes gezogen werden. Es ist auch möglich, in einem Abtaststrahlengang ein Gelände mittels eines Lasers zu beleuchten, wobei der Laser jeweils nur einen über das Gelände streichenden Lichtfleck erzeugt. Der jeweils beleuchtete Lichtfleck wird in einem anderen Abtaststrahlengang durch einen auf die Wellenlänge des

Lasers ansprechenden Sensor beobachtet. Das gemeinsame Ablenssystem gewährleistet eine eindeutige Zuordnung der beobachteten Stellen zueinander und stellt auch sicher, daß der Sensor stets genau den von dem Laser erzeugten Lichtfleck beobachtet. Die Sendeleistung des Lasers kann dabei gering gehalten werden.

Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind nachstehend unter Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen näher erläutert.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig.1 ist eine schematische Darstellung und zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer in eine Bildrohre eingebauten Vorrichtung zum Abtasten eines Gesichtsfeldes durch mehrere Abtaststrahlengänge, und zwar in Flugrichtung der Bildrohre gesehen.

Fig.2 zeigt die erfindungswesentlichen Teile der Vorrichtung von Fig.1 quer zur Flugrichtung gesehen.

Fig.3 ist eine schematische Darstellung ähnlich Fig.1 und zeigt die erfindungswesentlichen Teile eines zweiten Ausführungsbeispiels einer solchen Abtastvorrichtung.

Fig.4 ist eine schematische Darstellung und zeigt eine in Flugrichtung der Bildrohre gesehen die Möglichkeit des Abtastens eines Geländes mittels einer in die Bildrohre eingebauten Abtastvorrichtung.

Fig.5 zeigt schematisch die Abtastung des Geländes durch die Abtastvorrichtung quer zur Flugrichtung der Bildrohre gesehen.

Fig.6 ist eine Draufsicht auf die Bildrohre und veranschaulicht die Lage der durch die Abtastvorrichtung abgetasteten Geländestreifen.

Fig.7 veranschaulicht die Abtastung eines Geländestreifens mittels eines als Zeilendetektor ausgebildeten Sensors.

### Bevorzugte Ausführung der Erfindung

In Fig.1 und 2 ist eine Ausführung einer Abtastvorrichtung, zum Einsatz in einer Bildrohre dargestellt.

Ein auf infrarotes Licht ansprechender, erster Sensor ist mit 10 bezeichnet. Dem ersten Sensor 10 ist ein erstes optisch abbildendes System 12 zugeordnet. Quer zur Flugrichtung gesehen ist neben dem ersten Sensor 10 ein auf sichtbares Licht ansprechender, zweiter Sensor 14 angeordnet. Dem zweiten Sensor 14

ist ein zweites optisch abbildendes System 16 zugeordnet. Sowohl der im Infrarot-Bereich arbeitende Sensor 10 als auch der im sichtbaren Bereich arbeitende Sensor 14 sind in den dargestellten Ausführungsbeispielen als Zeilendetektoren ausgebildet, wobei der Sensor 14 ein RGB-Zeilendetektor (Rot-Grün-Blau) sein kann.

Neben den Sensoren 10 und 14 ist ein Laser 18 als Lichtquelle angeordnet. Dem Laser 18 ist ein drittes optisches System 20 zugeordnet. In den Ausführungsbeispielen ist der Laser 18 ein Laserdiodenarray und das dem Laser zugeordnete, optische System 20 enthält eine Zylinderlinse zur Aufweitung des Strahlengangs.

In Fig.1 ist ein Polygonspiegel mit 22 bezeichnet. Der Polygonspiegel 22 ist um eine Längsachse 24 drehbar und auf einer Welle 26 gelagert. Der Polygonspiegel 22 besitzt 12 Seiten, von welchen eine mit 28 bezeichnet ist. Die Anzahl der Seiten des Polygonspiegels kann jedoch beliebig sein, allgemein N. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel stellen die Seiten 28 plane Spiegelflächen dar.

In Fig.1 liegen die Sensoren 12 und 16 und der Laser 18 sowie die optisch abbildenden Systeme 12, 16 und 20 hintereinander, so daß sie in der Darstellung teilweise verdeckt sind. Die optisch abbildenden Systeme 12, 16 der Sensoren 10 bzw. 14 sind in Fig.1 durch eine Konkavlinse 30, eine Konkavlinse 32, einen feststehenden Umlenkspiegel 34 und eine Konkavlinse 36 repräsentativ dargestellt, wobei der Umlenkspiegel 34 zur Reduzierung der Baulänge dient.

In Fig.3 ist ein auf einer Welle 38 gelagerter, schwenkbarer Abtastspiegel mit 40 bezeichnet. Wie später noch beschrieben wird, entspricht die Funktion des Abtastspiegels 40 der Funktion des Polygonspiegels 22 in Fig.1.

Ein um eine Achse 42 schwenkbaren Umlenkspiegel ist mit 44 bezeichnet. Die Ausdehnung des Polygonspiegels 22, des Abtastspiegels 40 und des Umlenkspiegels 44 in Richtung der Längsachse 24 bzw. in Richtung quer zur Flugrichtung ist so gewählt, daß die den vorgesehenen Sensoren und den vorgesehenen Lasern zugeordnete Strahlung erfaßt wird.

Die Sensoren 10 und 14 sprechen auf elektromagnetische Strahlung an, welche von dem unter der Bildrohre befindlichen Gelände stammt. Der Strahlengang dieser elektromagnetischen Strahlung ist in Fig.1 und 3 durch Pfeile dargestellt. Die Strahlung fällt zunächst auf dem schwenkbaren Umlenkspiegel 44. Der Umlenkspiegel 44 lenkt die Strahlung auf den Polygonspiegel 22 (Fig.1) bzw. auf den schwenkbaren Spiegel 40 (Fig.3). Von dort gelangt die Strahlung durch die optisch abbildenden Systeme 12 und 16 zu den Sensoren 10 und 14.

Das von dem Laser 18 ausgestrahlte Laserlicht verläuft in umgekehrter Richtung zunächst durch das optisch abbildende System 20, trifft dann auf den Polygonspiegel 22 (Fig.1) bzw. auf den Abtastspiegel 40 (Fig.3) und wird über den Umlenkspiegel 44 zum Gelände geleitet. Dabei dient das Laserlicht zur

Beleuchtung des Geländes. Hierfür ist es notwendig, daß die beleuchtete Fläche und die Gesichtsfelder der Sensoren 10 und 14 sich zumindest teilweise überlappen und im Idealfall identisch sind. Die Bildausschnitte der einzelnen Sensoren 10 und 14 und des Lasers 18 differieren zunächst um den räumlichen Abstand der Sensoren 10 und 14 und des Lasers 18. Diese räumlichen Abstände sowie mögliche Einbau- und Justagefehler bleiben nach dem Bau einer solchen Abstavorrichtung jedoch konstant, und können daher korrigiert werden.

Durch Einsatz des Lasers 20 kann der im sichtbaren Bereich arbeitende Sensor 14 auch bei Nacht verwendet werden, wobei in mindestens einem der drei RGB-Kanäle beleuchtet wird. Vorteilhafterweise kann die Beleuchtung im Rot-Kanal oberhalb von  $\lambda = 780$  nm erfolgen, da das Laserlicht in diesem Spektralbereich mit bloßem Auge nicht sichtbar ist.

In dem in Fig.1 und 2 dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt die Abtastung des Geländes durch Rotation des Polygonspiegels 22. Die Größe des Abtastwinkels quer zur Flugrichtung hängt dabei von der Anzahl der Seiten 28 des Polygonspiegels 22 ab. Mit einem Polygonspiegel mit N Seiten ist der Abtastwinkel dabei  $720/N$ . Die Abtastung erfolgt dabei immer nur in einer Richtung ("Vorwärtsabtastung"). Wenn nämlich eine Fläche (z.B. 28) des Polygonspiegels 22 in dem Gesichtsfeld der Sensoren 10 und 14 bzw. in dem Strahlengang des Lasers 18 eintritt, fängt der Abtavorgang erneut aus einer Ausgangsposition an.

In dem in Fig.3 dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt die Abtastung des Geländes durch Verschwenkung des Abtastspiegels 40 in den durch einen Doppelpfeil 46 angegebenen Richtungen. Die Größe des Abtastwinkels quer zur Flugrichtung hängt dabei von der Schwenkamplitude des Abtastspiegels 40 ab und ist schließlich durch die Größe des Abtastspiegels 40 begrenzt. Da der Ablenkspiegel 40 hin- und herschwenken werden kann, ist es in diesem Ausführungsbeispiel möglich, die Abtastung in zwei Richtungen vorzunehmen ("Vor- und Rückabtastung").

Durch Verschwenken des Umlenkspiegels 44 um die Achse 42 kann das Gesichtsfeld der Abstavorrichtung je nach Wunsch verändert werden. Der Umlenkspiegel 44 dient also nicht der Abtastung des Geländes, sondern legt den Bereich fest, welcher abgetastet werden soll. Der Umlenkspiegel 44 kann auch mit einer (nicht dargestellten) Steuerung versehen werden, durch welche der Umlenkspiegel 44 verschwenkt wird, um Änderungen der Rollage der Bilddrohne (oder eines sonstigen bemannten oder unbemannten Luftfahrzeuges) auszugleichen.

Durch die beschriebene Ablenkensysteme erfolgt die Abtastung ausschließlich quer zur Flugrichtung. Die Abtastung des Geländes in Flugrichtung erfolgt durch die Vorwärtsbewegung der Bilddrohne selbst. Dies ist in den Figuren 4 bis 6 dargestellt. In der Bilddrohne 48 befindet sich eine Abstavorrichtung der beschriebenen Art. In Fig.4 ist die Bilddrohne einmal in Flugrichtung

dargestellt. Fig.5 zeigt die Bilddrohne quer zur Flugrichtung. Der Abtastwinkel  $\alpha$  quer zur Flugrichtung hängt, wie oben erläutert, von den Gegebenheiten des Polygonspiegels 22 (Fig. 1) bzw. des Abtastspiegels 40 (Fig.3) ab. Bei einer bestimmten Flughöhe erhält man dann eine bestimmte Abtastlänge B quer zur Flugrichtung. Der Abtastwinkel  $\beta$  in Flugrichtung hängt von der Größe des Gesichtsfeldes der Sensoren 10 und 14 bzw. der Aufweitung des Strahls des Lasers 18 ab. Bei einer bestimmten Flughöhe erhält man dann eine bestimmte Abtasttiefe A in Flugrichtung.

In Fig.6 ist die Bilddrohne 48 von oben dargestellt. Man erkennt die durch die Abtastwinkel  $\alpha$  und  $\beta$  sowie die Flughöhe bestimmte Abtastmuster des Geländes. Um eine optimale Abtastung eines Geländes zu erhalten, wird für das Abtavverfahren der Zusammenhang zwischen den Flugparametern Höhe und Geschwindigkeit und den Sensorparametern Gesichtsfeld, Auflösung, Brennweite und Bildrate ermittelt. Dies liegt im Rahmen des Könnens eines Fachmanns und wird hier nicht näher beschrieben. Es ist dann möglich, daß Gelände nahezu nahtlos abzutasten, wie es in Fig.6 angedeutet ist.

Wenn infolge einer Geschwindigkeitsänderung der Bilddrohne die Abtastgeschwindigkeit verändert werden muß, ist durch die gemeinsame Ablenkung der Sensoren und dem Laser zugeordneten Strahlung sichergestellt, daß diese Änderung für alle Sensoren und Laser in gleicher Weise erfolgt.

Die Abtavvorrichtung ist hier im Zusammenhang mit einer Bilddrohne beschrieben. Es sei jedoch bemerkt, daß das Prinzip eines solchen Abtastsystems nicht nur in Bilddrohnen oder sonstige Luftfahrzeuge Verwendung findet, sondern in allen sonstigen Vorrichtungen, mit welchen eine Abtastung vorgenommen wird.

Weiterhin sei bemerkt, daß die Abtavvorrichtung mehr als zwei Sensoren und mehr als einen Laser enthalten kann. Je nach Wunsch können Sensoren für die unterschiedlichsten Spektralbereiche eingesetzt werden. Es können auch beispielsweise mehrere Laser vorgesehen sein, welche Licht verschiedener Wellenlänge aussendet. Weiterhin ist es möglich, Radarsysteme in der gleichen Weise zu integrieren.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Abtastung eines Gesichtsfeldes mittels auf elektromagnetische Strahlung ansprechender Sensoren, insbesondere zur Beobachtung eines Geländes mittels eines unbemannten Flugkörpers (Bilddrohne),

**dadurch gekennzeichnet daß**

(a) das Gesichtsfeld mittels einer Mehrzahl von Abtaststrahlengängen mit je einem eigenen optischen System (12,16,20) abtastbar ist,

(b) die Abtaststrahlengänge zur Erzeugung

- einer Abtastbewegung durch ein gemeinsames Ablenkensystem (22;40) in gleicher Weise ablenkbar sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich die Abtaststrahlengänge im Bereich des abzutastenden Gesichtsfeldes wenigstens teilweise überlappen. 5
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** 10
- (a) in mehreren Abtaststrahlengängen Bereiche des abzutastenden Gesichtsfeldes durch die jeweiligen optischen Systeme (12,16) auf je einen Sensor (10,14) abbildbar sind und 15
- (b) die Sensoren (10,14) in unterschiedlichen Spektralbereichen empfindlich sind. 20
4. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß**
- (a) in wenigstens einem der Abtaststrahlengänge ein Bereich des abzutastenden Gesichtsfeldes mittels einer vorrichtungsseitigen Lichtquelle (18) beleuchtbar ist und 25
- (b) in einem anderen Abtaststrahlengang durch das optische System (16) wenigstens ein Teil des so beleuchteten Bereiches auf einen für die Strahlung der Lichtquelle (18) empfindlichen Sensor (14) abbildbar ist. 30
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Ablenkensystem einen schwenkbaren Abtastspiegel (40) enthält. 35
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Ablenkensystem einen rotierenden Polygonspiegel (22) enthält. 40
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens ein der Sensoren (10) auf infrarote Strahlung anspricht. 45
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens ein der Sensoren (14) auf sichtbares Licht anspricht. 50
9. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß**
- (a) die Lichtquelle ein Laser (18) ist und 55
- (b) der Sensor (10 bzw. 14) auf Licht des Wellenlängenbereichs des Laserslichts anspricht.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Laser (18) infrarotes Licht ausstrahlt.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **gekennzeichnet durch** einen Umlenkspiegel (44) zur Beeinflussung des durch das Ablenkensystem (22;40) abzutastenden Bereichs.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß**
- (a) die Vorrichtung in einem Luftfahrzeug (48) angeordnet ist und
- (b) das Ablenkensystem (22;40) die Abtaststrahlengänge nur in Richtungen senkrecht zur Flugrichtung des Luftfahrzeugs (48) ablenkt.

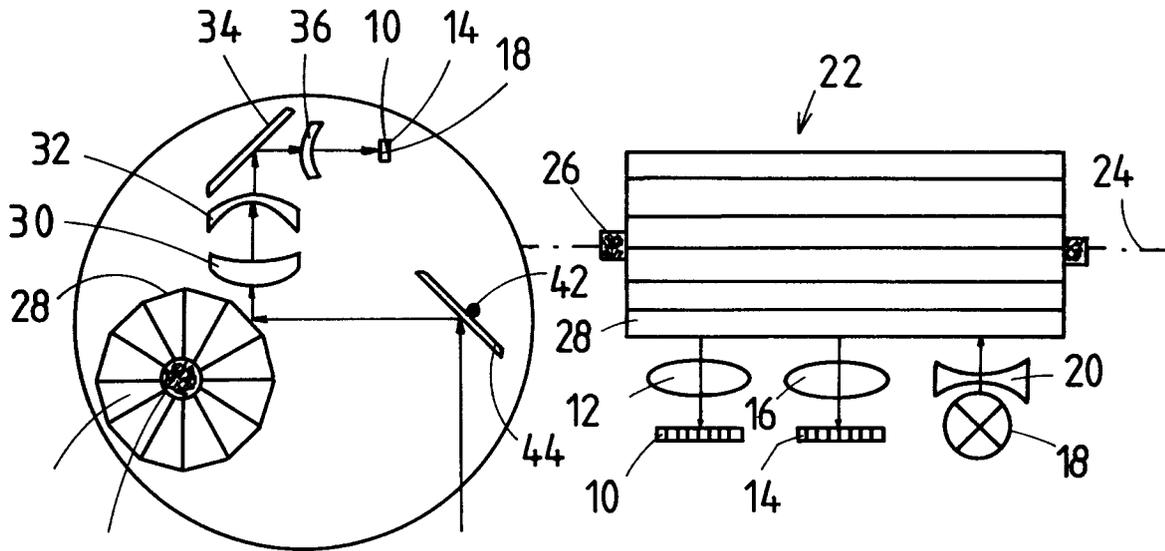


Fig.1

Fig.2

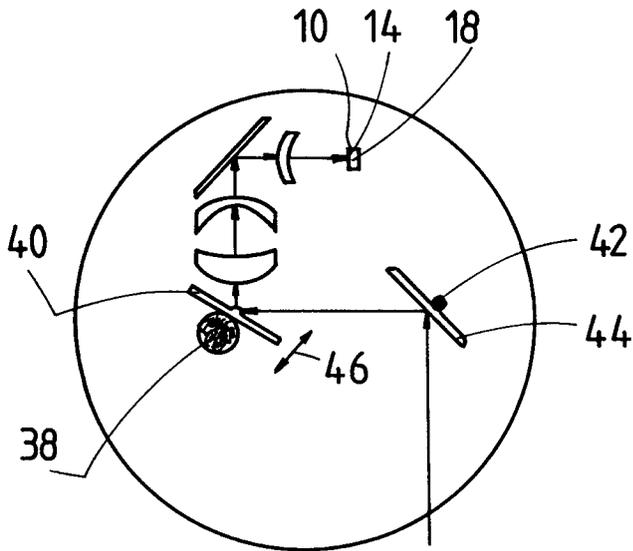


Fig. 3

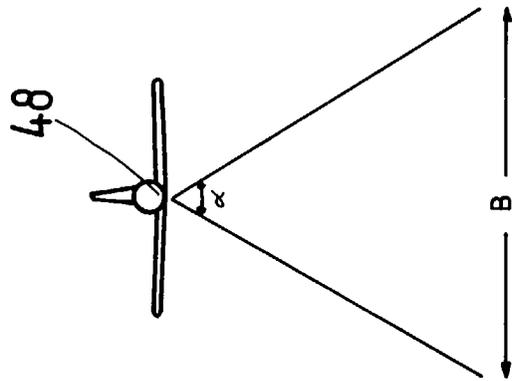


Fig. 4

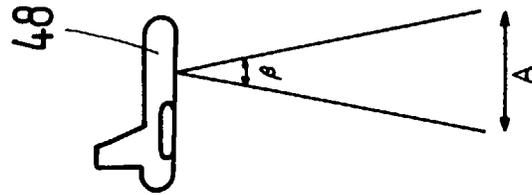


Fig. 5

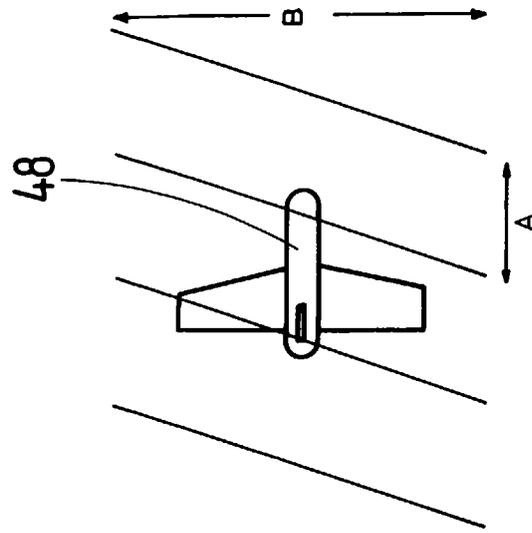


Fig. 6

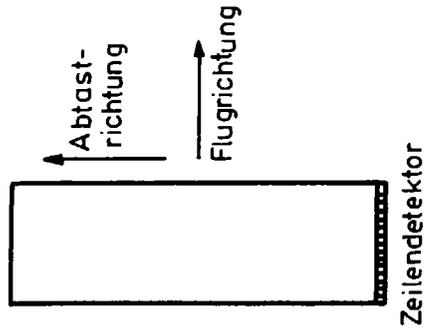


Fig. 7