

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1858/2003 (51) Int. Cl.⁷: **G01S 17/89**
 (22) Anmeldetag: 2003-11-18 **G01S 7/481**
 (42) Beginn der Patentdauer: 2005-07-15
 (45) Ausgabetag: 2006-03-15

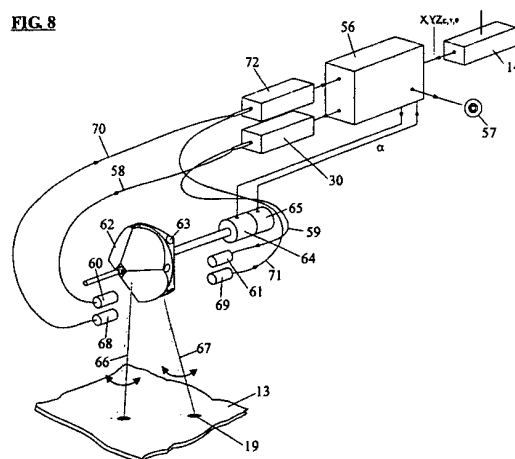
(56) Entgegenhaltungen:
 US 6449036B1 US 4788423A

(73) Patentinhaber:
 RIEGL LASER MEASUREMENT
 SYSTEMS GMBH
 A-3580 HORN, NIEDERÖSTERREICH
 (AT).
 (72) Erfinder:
 ULLRICH ANDREAS DR.
 GABLITZ, NIEDERÖSTERREICH (AT).
 REICHERT RAINER ING.
 HORN, NIEDERÖSTERREICH (AT).
 RIEGL JOHANNES DR.
 IRNFRTZ, NIEDERÖSTERREICH (AT).

(54) EINRICHTUNG ZUR AUFNAHME EINES OBJEKTRAUMES

(57) Einrichtung zur Aufnahme eines Objektraumes mit einem opto-elektronischen Entfernungsmesser nach einem Signal-Laufzeitverfahren mit einer Scan-Einrichtung zur Ablenkung der Mess-Strahlen, wobei die Scan-Einrichtung ein rotierendes Polygon-Spiegelrad umfasst, ferner mit einer Auswerteeinrichtung (56), die aus der Laufzeit bzw. der Phasenlage des ausgesandten optischen Signals Entfernungswerte ermittelt, wobei sich die Raum-Koordinaten der einzelnen Datenelemente aus den Entfernungswerten und der Strahlablenkung der Scan-Einrichtung ergeben und die Einrichtung mindestens einen weiteren Entfernungsmesskanal (K2) umfasst, wobei entweder für jeden Entfernungsmesskanal (K1, K2) ein eigenes Polygon-Spiegelrad (62, 63) vorgesehen ist und die Polygon-Spiegelräder (62 und 63) parallele Achsen aufweisen, synchron angetrieben und vorzugsweise gegeneinander versetzt sind, so dass während der Abtastlücke des einen Systems das andere den Objektraum (13) abtastet, oder für zwei bzw. mehrere Entfernungsmesskanäle (K1, K2) ein einziges Polygon-Spiegelrad vorgesehen ist, wobei gegebenenfalls mittels Spiegel die verschiedenen Strahlenbündel im Objektraum ausrichtbar sind.

FIG. 8



Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zur Aufnahme eines Objektraumes mit einem opto-elektronischen Entfernungsmesser nach einem Signal-Laufzeitverfahren mit einer Sendeeinrichtung zum Aussenden von optischen, insbes. von Laser-Signalen und einer Empfangseinrichtung zum Empfangen von optischen Signalen, insbes. von Laserstrahlung, die von im Zielraum befindlichen Objekten reflektiert wird. Die Einrichtung umfasst ferner eine Scan-Einrichtung zur Ablenkung der optischen Achsen von Sende- und Empfangseinrichtung, wobei die optischen Achsen von Sende- und Empfangseinrichtung im wesentlichen parallel verlaufen und die Scan-Einrichtung ein rotierendes Polygon-Spiegelrad aufweist. Des weiteren ist eine Auswerteeinrichtung vorgesehen, die aus der Laufzeit bzw. der Phasenlage des ausgesandten optischen Signals Entfernungswerte ermittelt und aus den Entfernungswerten und den gleichzeitig erfassten Winkelwerten der Scan-Einrichtung die Raumkoordinaten der einzelnen Datenelemente bildet.

Derartige, sogen. Laser-Scanner können in verschiedenen Ausführungen realisiert sein. So kann beispielweise der oben beschriebene Scanner, der den Raum fächerartig abtastet, auf einem Drehtisch angeordnet sein, der um einen bestimmten Winkel, vergleichsweise langsam verstellbar ist, so dass ein entsprechender Raumwinkel abgetastet wird. Mit einer solchen Einrichtung werden zu einer Vielzahl von Messpunkten zu den Polarkoordinaten des Abtaststrahles die zugehörigen Entfernungswerte gespeichert, aus welchen sogen. Entfernungsbilder rekonstruierbar sind. Solche Laser-Scanner werden beispielsweise zur Dokumentation von Bauwerken, im Bergbau zur Vermessung von Minen und Kavernen, zur Lawinenforschung und für viele andere Zwecke eingesetzt.

Eine andere Anwendung ist die Vermessung von Tunnels, insbes. von Eisenbahntunnels. Hierbei wird das Polygon-Spiegelrad so auf einem Wagen montiert, dass die Rotationsachse parallel zur Bewegungsrichtung verläuft. Durch die Bewegung des Fahrzeuges im Tunnel überstreicht der Abtastfächer die Tunnelwand, so dass ein 3D-Bild derselben aufgezeichnet wird.

Ähnlich ist der Einsatz bei der luftgestützten Datenerfassung. Ein Laserscanner ist so auf einer Plattform in einem Flächenflugzeug oder einem Hubschrauber montiert, dass die Rotationsachse des Polygon-Spiegelrades im wesentlichen der Flugrichtung entspricht. Das Koordinatensystem des Aufnahmeortes des Laser-Scanners wird durch ein Navigations-System z.B. ein Satellitennavigations-System (GPS) ermittelt. Der Abtastfächer überstreicht das überflogene Gelände, die zweite Abtastrichtung ergibt sich durch die Bewegung des Flugzeuges (Airborne Laser Scanner). Der große Vorteil dieses Systems gegenüber der Luftbild-Photogrammetrie besteht in der Art der Auswertung: während die photogrammetrischen Aufnahmen manuell oder zumindest mit manueller Unterstützung ausgewertet werden müssen, ist es möglich, die Daten von Laser-Scanner-Aufnahmen vollautomatisch auszuwerten.

Bei allen Laser-Scanner-Aufnahmen wird ein möglichst gleichmäßiger Abtastraster angestrebt, bei einer Luftvermessung beispielsweise ein Raster von 1 m x 1 m. Während in der einen, durch das Polygon-Spiegelrad bestimmten Richtung der Abstand der Messpunkte durch die Abtastrate bestimmt ist, ergibt sich der Abstand in der dazu normalen Richtung aus der Drehgeschwindigkeit des Drehtisches bzw. aus der Geschwindigkeit des Fahrzeuges oder Flugzeuges in Verbindung mit der Abtastlücke des Polygonspiegelrades. Diese Abtastlücke resultiert aus der Geometrie des Spiegelrades und kann je nach Auslegung die Größe der Messphase annehmen. Es ergibt sich dadurch ein rechteckiger Raster mit einem Seitenverhältnis, das mehr oder weniger stark von dem optimalen quadratischen Raster abweicht. Bei den bekannten Systemen kann das Rasterverhältnis nur durch eine Reduktion der Verstell- bzw. der Fahr- oder der Fluggeschwindigkeit verbessert werden, was aber andere Nachteile zur Folge hat.

Anstelle von Polygon-Spiegelrädern werden für Laser-Scanner auch andere Abtast-Systeme wie etwa Schwingspiegel eingesetzt. Mit Schwingspiegel wird bei der luftgestützten Datenerfassung das Gelände sinusartig abgetastet. Hierdurch ergeben sich sehr unterschiedliche Dichten der Abtastraster. Um zu der gewünschten, in etwa quadratischen, Rasterung zu gelangen, ist

eine sehr hohe Abtastrate erforderlich, wobei in einzelnen Bereichen des abgetasteten Objektfeldes sehr unterschiedlich hohe Dichten der Messpunkte auftreten. Dies führt dazu, dass um eine gegebene minimale Rasterdichte zu erreichen, zunächst eine außerordentlich große Datenmenge aufgezeichnet und in der weiteren Folge verarbeitet werden muss.

Um bei einer Abtastung des Objektfeldes mit einem Polygon-Spiegelrad eine möglichst gleichmäßig und quadratische Ausbildung des Rasternetzes zu erzielen und damit zu einer optimalen Aufzeichnungsrate zu gelangen, wird gemäß der Erfindung vorgeschlagen, dass die Einrichtung mindestens einen weiteren Entfernungsmesskanal umfasst, wobei entweder für jeden Entfernungsmesskanal ein eigenes Polygon-Spiegelrad vorgesehen ist und die Polygon-Spiegelräder vorzugsweise parallele Achsen aufweisen, synchron angetrieben und vorzugsweise so gegeneinander versetzt sind, dass während der Abtastlücke eines Systems ein anderes den Objektraum abtastet oder zwei bzw. mehrere Entfernungsmesskanäle mit einem einzigen Polygon-Spiegelrad zusammenwirken, wobei gegebenenfalls mittels Spiegel die verschiedenen Strahlenbündel im Objektraum ausrichtbar sind.

Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung sind die Polygon-Spiegelräder der Scan-Einrichtungen auf einer gemeinsamen Plattform angeordnet, welche im Objektraum, vorzugsweise senkrecht zur Abtastrichtung der Polygon-Spiegelräder, bewegbar ist, wobei zu jedem Messpunkt gleichzeitig mit den Entfernungsdaten und dem Ablenkwinkel der Polygonspiegel die, beispielsweise von einem Navigationssystem, vorzugsweise einem GPS-System, gelieferten Koordinaten des jeweiligen Standortes und die Ausrichtung der Plattform im Raum erfassbar sind.

Vorteilhaft werden die Synergien der verschiedenen Entfernungsmesskanäle genutzt, so dass Komponenten der Entfernungsmesser z.B. der Lasertransmitter und / oder das Empfangssystem und / oder die Auswerteinrichtung nur einfach vorgesehen sind und von den verschiedenen Entfernungsmessern gemeinsam nutzbar sind.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind in der optischen Achse des Lasertransmitters, vorzugsweise teildurchlässige, Spiegel oder Prismen vorgesehen durch welche der Strahl des Lasertransmitters teilbar ist, wobei die entsprechenden Teilstrahlen den jeweiligen Polygon-Spiegelräder zuleitbar sind.

Zusätzlich oder auch alternativ können in der optischen Achse des Empfangssystems, vorzugsweise teildurchlässige, Spiegel oder Prismen vorgesehen sein, durch welche die verschiedenen, von den Polygon-Spiegelrädern reflektierten Strahlen zu einem einzigen Strahlenbündel kombinierbar sind. Vorzugsweise wird als optischer Strahlteiler im Sende- und / oder im Empfangsteil ein Glasfaserstrahlteiler verwendet.

In einer Variante der Erfindung ist als optischer Strahlteiler ein schwingendes Spiegelement vorgesehen, welches zwei, alternierend in das Strahlenbündel eintauchende Spiegelflächen mit unterschiedlicher Ausrichtung aufweist.

Eine besonders vorteilhafte Lösung ergibt sich, wenn gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung die Polygon-Spiegelräder auf einer gemeinsamen Welle angeordnet sind.

Die Polygon-Spiegelräder können dabei in an sich bekannter Weise als Spiegel-Pyramiden ausgeführt sein, die um ihre Achse rotieren, wobei zwei Polygon-Spiegelräder koaxial angeordnet und an ihrer Basis miteinander verbunden sind.

Eine besonders hohe Flexibilität des Erfindungsgegenstandes kann dadurch erzielt werden, dass die Polygon-Spiegelräder über je einen eigenen Antrieb verfügen und diese Antriebe die Polygon-Spiegelräder synchron antreiben, wobei die Phasenlage der einzelnen Polygon-Spiegelräder zueinander einstellbar ist.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einiger Ausführungsbeispiele und unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Die Fig. 1 zeigt schematisch eine luftgestützte Datenerfassung mit Laser-Scanner gemäß dem Stand der Technik (Quelle: GEOLAS Consulting). Die Fig. 2 veranschaulicht das Prinzip der Abtastung mit einem rotierenden Polygon-Spiegelrad. Die Fig. 3 stellt einen Abtastraster gemäß dem Stand der Technik dar, die Fig. 4 zeigt einen solchen gemäß der Erfindung. Die Fig. 5 und 6 zeigen in Form von Blockschaltbildern verschiedene Varianten der gemeinsamen Nutzung von Komponenten der Entfernungsmess-Systeme. Die Fig. 7 veranschaulicht einen optischen Umschalter. Die Fig. 8, 9 und 10 stellen ebenfalls schematisch verschiedene Varianten von Laser-Scannern gemäß der Erfindung dar, wobei die Fig. 10a und 10b eine Ausführung in zwei verschiedenen Rissen veranschaulicht.

Die Fig. 1 zeigt schematisch ein flugzeuggetragenes Laser-Scanning-System zur Erstellung von sog. DSM (digital surface models) und davon abgeleiteten DTM (digital terrain models). In einem Flugzeug 11 ist auf einer Plattform ein Laser-Scanner 12 montiert, der das unter dem Flugzeug liegende Gelände 13 abtastet. Die jeweiligen geographischen Koordinaten des Flugzeuges werden durch ein Navigationssystem 14 ermittelt. In dem vorliegenden Beispiel ist ein Satellitennavigationssystem GPS (Global Positioning System) eingesetzt. Mit 15a und 15b sind einige der durch das System benutzten Satelliten bezeichnet. Durch eine terrestrische Station 16, deren Koordinaten bekannt sind, kann die Genauigkeit der Positionsangabe wesentlich erhöht werden. Die Plattform mit dem Laser-Scanner 12 kann durch Kreisel im Raum stabilisiert sein oder es werden zusätzlich zu den geographischen Koordinaten Kurs-, Roll- und Nickwinkel aufgezeichnet. Diese Winkel können entweder ebenfalls vom Navigationssystem 14 ausgegeben werden oder werden von einem Kreiselgerät 17 abgeleitet. Der Laser-Scanner 12 sendet eine Folge von Laser-Impulsen auf den darunterliegenden Geländestreifen 13. Die Impulse werden an der Geländeoberfläche diffus reflektiert. Ein Teil der reflektierten Strahlung wird in Richtung des Laser-Scanners 12 zurückgeworfen. Aus der Laufzeit der Impulse wird die jeweilige Entfernung ermittelt. Durch die Scanneinrichtung des Gerätes wird der Messstrahl im wesentlichen senkrecht zur Flugrichtung abgelenkt, so dass das Gerät 12 das darunter liegende Gelände 13 fächerartig abtastet. Im Idealfall wird das Gelände 13, wie in Fig. 1 angedeutet durch einen quadratischen Raster von Messpunkten 19 abgetastet. Von jedem Messpunkt 19 werden folgende Daten abgespeichert: geographische Koordinaten (geographische Breite und Länge, Höhe) und gemessene Entfernung sowie den zugehörigen Ablenkwinkel der Scanneinrichtung. Sofern der Laser-Scanner 12 nicht auf einer stabilisierten Plattform angeordnet ist, werden zusätzlich Kurs-, Roll- und Nickwinkel aufgezeichnet.

Bei einer solchen topographischen Kartierung wird das Gelände mäanderförmig, in einer Flughöhe von einigen hundert Meter mit relativ geringer Geschwindigkeit abgeflogen. Aus den aufgezeichneten Daten kann bei der Auswertung ein digitales 3D Geländemodell rekonstruiert werden.

Die fächerartige Abtastung kann mit verschiedenen Einrichtungen durchgeführt werden. Bekannt sind beispielsweise Schwingspiegel, die den Laser-Strahl im wesentlichen sinus-artig über das Gelände führen. Diese Art der Abtastung führt zu einem Abtastraster in welchem die Abstände zwischen den einzelnen Messpunkten sehr großen Streuungen unterliegen. Eine wesentlich gleichmäßigere Rasterung wird mit einem Scanner erzielt, bei welchem die Strahlablenkung mit einem rotierenden Polygon-Spiegelrad erfolgt.

An Hand der Fig. 2 wird die Funktion eines solchen Spiegelrades näher erläutert. Ein in diesem Beispiel 3-seitiges Spiegelpolygon 20 ist um eine Achse 21 drehbar gelagert und wird durch einen nicht dargestellten Kleinmotor entgegen dem Uhrzeigersinn (Pfeil 22) mit hoher Geschwindigkeit angetrieben. Durch einen ebenfalls nicht dargestellten Drehwinkelsensor wird die jeweilige Position des Spiegelpolygons an einen Computer rückgemeldet, der das System steuert und die Messdaten erfasst und verarbeitet. Der Laser-Messstrahl 23 wird durch eine Optik aufgeweitet, von welcher die Kollimatorlinse 24 gezeigt ist. Man erkennt, dass von den

verschiedenen, in der Zeichnung dargestellten Winkelstellungen des Spiegelprismas 20, nur in den Stellungen 1-3 der volle Querschnitt des Strahlenbündels auf das Messobjekt gelenkt wird. In der Stellung 0 wird die Strahlung zur Quelle reflektiert, so dass keine Strahlung auf das Messobjekt gelangt. In Zwischenstellungen wird die Strahlung entsprechend gedämpft. Dies führt dazu, dass je nach Auslegung des Spiegelrades 20 bei der Abtastung eine sogen. Abtastlücke auftritt, in welcher kein Mess-Strahl ausgesandt wird. In dem vorliegenden Beispiel beträgt diese Austastlücke in etwa 50 %.

Bei einer gegebenen Abtastrate und Fluggeschwindigkeit ergibt sich nun ein Abtastraster wie er in Fig. 3 veranschaulicht ist. Der Raster ist nicht, wie dies optimal wäre, in den beiden Richtung quer und parallel zur Flugrichtung gleichdicht mit Messpunkten belegt, sondern der Abstand der Messpunkte in Flugrichtung ist etwa doppelt so groß wie in Querrichtung. Grundsätzlich könnte man durch Einsatz von langsamer fliegenden Flugzeugen oder Hubschraubern das Rasterverhältnis verbessern, dies würde jedoch die Messzeit beträchtlich vergrößern und damit zu deutlich höheren Kosten führen. Eine Reduktion der Abtastrate kommt ebenfalls nicht in Frage, da dies zu einer Verringerung der Auflösung und damit zu einem Qualitätsverlust führen würde.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass ein weiteres Entfernungsmess-System samt Scan-Einrichtung vorgesehen ist, wobei die Scanner der beiden Entfernungsmesser in ihrer Phasenlage so versetzt sind, dass in der Abtastlücke des einen Entfernungsmessers der andere das Gelände abtastet. Die Fig. 4 zeigt einen Abtastraster, der mit der erfindungsgemäßen Einrichtung erzielt wird. Die Messpunkte des ersten Entfernungsmessers sind mit 19, die des zweiten mit 29 bezeichnet.

Die beiden Entfernungsmess-Systeme können völlig getrennt aufgebaut sein, es ist aber auch möglich, dass beide Systeme verschiedene Komponenten gemeinsam nutzen. Die Fig. 5 und 6 veranschaulichen Beispiele für eine solche Nutzung von Synergieeffekten. In Fig. 5 bezeichnet 30 einen Lasertransmitter, der Laserpulse 31 aussendet. In einem Teilungsprisma 32, dessen Reflexionsfläche 33 teilverspiegelt ist wird 50% der Laserstrahlung durchgelassen, während 50% reflektiert wird. Der gerade durchtretende Strahl 31a wird durch ein schematisch angedeutetes, rotierendes vierseitiges Polygonspiegelrad 34 periodisch abgelenkt (Kanal 1-K1). Der im Teilungsprisma 32 reflektierte Strahl 31b wird durch einen ortsfesten Spiegel 35 umgelenkt. Ein rotierendes vierseitiges Polygonspiegelrad 36 lenkt den Mess-Strahl 31b periodisch so ab, dass er das Messfeld fächerartig abtastet (Kanal 2-K2). Die beiden Spiegelräder 34 und 36 sind so winkelmäßig gegeneinander versetzt, dass jeweils in der Abtastlücke des einen Systems das andere das Objektfeld abtastet.

Die im Messfeld reflektierte Strahlung wird von den rotierenden Spiegelrädern 37 (Kanal 1-K1) bzw. 38 (Kanal 2-K2) abgelenkt und einem Spiegelprisma 39 zugeführt. Das aus diesen beiden Teilen resultierende Strahlenbündel 40 wird durch eine Optik 41 auf einem Sensor in der Empfangsstufe 42 konzentriert. Vom Lasertransmitter 30 wird ein optisches oder elektrisches Signal abgeleitet und über einen Lichtleiter bzw. einen elektrischen Leiter 43 der Empfangsstufe 42 zugeführt. Die vom Lasertransmitter 30 abgeleiteten Signale dienen als Startimpulse für die Laufzeitmessung, durch die reflektierten Impulse wird die Zeitmessung beendet. Die Zeitmessung und die entsprechende Auswertung zu Entfernungswerten und die Verknüpfung mit den Ablenkungswinkeln, den geographischen Koordinaten, den Ausrichtwinkeln der Plattform und die Aufzeichnung aller dieser Datensätze erfolgt in der Auswertestufe 44.

Die Spiegelräder 34, 36 bis 38 laufen synchron um, wobei die Spiegelräder 34 und 37 bzw. 36 und 38 auch phasengleich rotieren. Bevorzugt sind die Spiegelräder 34 und 37 sowie die Spiegelräder 36 und 38 auf je einer gemeinsamen Welle angeordnet. Wird auf eine relative Phasenverstellung zwischen den beiden Messkanälen 1 und 2 verzichtet, so können sämtliche vier Spiegelräder, ein entsprechender Winkelversatz vorausgesetzt, auf einer gemeinsamen Welle montiert sein.

Bei der in Fig. 5 gezeigten Einrichtung geht ein Teil der Leistung des Lasertransmitters 30 verloren. Ist es erforderlich, die Laserleistung optimal zu nutzen, wird gemäß Fig. 6 an Stelle des Teilungsprismas ein optischer Schalter 45 eingesetzt. Eine mögliche Ausführung eines solchen optischen Schalters wird beispielhaft in Fig. 7 veranschaulicht. Gemäß Fig. 6 führt der optische Schalter 45 einmal die gesamte Leistung des Lasertransmitters 30 dem Kanal 1 (K1) zu, in der anderen Phase der Abtastung dem Kanal 2 (K2). Der Empfangsteil ist ebenfalls abweichend von der Ausführung nach Fig. 5 aufgebaut. Gemäß Fig. 6 verfügt jeder der beiden Kanäle über einen separaten Sensor 46a und 46b. Die Ausgangssignale der beiden Sensoren werden elektrisch miteinander verknüpft und gemeinsam in der Stufe 42 weiter verarbeitet.

Gemäß Fig. 7 verfügt der optische Umschalter 45 über 2 verspiegelte Prismen 47 und 48, die auf einer schwingenden Plattform 49 angeordnet sind. Diese Plattform 49 ist über Plattformfedern 50 und 51 mit einer ortsfesten Basisplatte 52 verbunden. Die Plattform wird durch einen Linearmotor oder einen Hubmagnet 53 angetrieben. Der Antrieb kann auch durch einen rotierenden Motor über einen Nocken- oder Kurbeltrieb erfolgen, wobei dieser Motor gleichzeitig auch die Polygon-Spiegelräder 34, 36 bis 38 antreiben kann. In der dargestellten Position der Plattform 49 lenkt das Spiegelprisma 47 den Laserstrahl 31 in Richtung des Pfeiles 54 um; nimmt die Plattform 49 ihre rechte Endlage ein, so reflektiert das Spiegelprisma 48 den Laserstrahl 31 in Richtung des Pfeils 55.

In der Fig. 8 ist schematisch der Aufbau eines flugzeuggestützten Laser-Scanners gemäß der Erfindung dargestellt. Kernstück der Anlage ist der Zentralrechner 56, der die einzelnen Komponenten derselben ansteuert und die Messdaten der Entfernungsmesser auswertet, mit den Scan-Winkeln, den geographischen Koordinaten und den Ausrichtwinkel der Messplattform verknüpft und diese Datensätze aufzeichnet. Die Ausgabe der Dateien kann über einen Datenträger (in der Zeichnung ist beispielhaft eine DVD (Pos. 57) als Speichermedium dargestellt). Der Zentralrechner 56 steuert einen Lasertransmitter 30 an. Die Laserstrahlung desselben wird durch zwei Glasfaserkabel 58 und 59 je einer Optik 60 bzw. 61 zugeführt, durch welche Optiken die Laserstrahlen aufgeweitet werden. Diese Optiken 60 und 61 liegen je einem Polygon-Spiegelrad 62, 63 gegenüber. Die Spiegelräder 62, 63 sind als vierseitige Pyramiden ausgeführt, die an ihrer Basis miteinander verbunden sind. Die beiden Spiegelpyramiden sind um 45° gegeneinander versetzt, so dass das eine System in der Abtastlücke des anderen aktiv ist. Angetrieben werden die Spiegelräder durch einen Motor 64, der durch den Rechner 56 gesteuert wird. Durch einen auf der Motorwelle angeordneten Winkeldekoder 65 wird die Momentanstellung der Spiegelräder 62, 63 an den Rechner zurückgemeldet.

Durch die beiden Polygonspiegelräder 62, 63 wird das überflogene Gelände 13 fächerartig abgetastet. Die entsprechenden Mess-Strahlen sind in der Zeichnung mit 66 und 67 bezeichnet, die Messpunkte an der Oberfläche des Geländes 13 mit 19. Ein Teil der vom Messpunkt 19 diffus reflektierten Strahlung erreicht wieder die Polygonspiegelräder 62 bzw. 63 und wird über Optiken 68, 69 und Glasfaserkabeln 70, 71 der Empfangsstufe 72 zugeführt. Sowohl im Sendesystem als auch im Empfangskanal erfolgt die Strahlteilung unmittelbar durch die Glasfaserlichtleiter.

Die in der Empfangsstufe 72 in elektrische Signale umgewandelten Echoimpulse werden dem Zentralrechner 56 zugeleitet. Aus der Laufzeit der Impulse werden die entsprechenden Entfernungen ermittelt. Diese Messdaten werden im Rechner 56 mit dem durch die Position der Spiegelräder 62, 63 definierten Ablenkwinkel α und den von einem GPS-Navigationssystem 14 abgeleiteten geographischen Koordinaten x , y , z und den Kurs-, Nick- und Rollwinkeln ϵ , γ , ϕ verknüpft. Durch diese Daten wird jeder Messpunkt im Raum exakt definiert, so dass aus den Daten 3D Geländemodelle berechnet werden können.

Die Fig. 9 zeigt einzelne Komponenten einer Variante der oben beschriebenen Einrichtung. In dieser Ausführungsform sind die beiden Spiegelräder 73, 74 als dreiseitige Pyramiden ausgebildet und weisen separate Antriebsmotore 75, 76 und Winkeldekoder 77, 78 auf. Die mit dem Gegenstand der Fig. 8 übereinstimmenden Teile sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeich-

net. Der Vorteil der Ausführung nach der Fig. 9 ist die große Flexibilität im Betrieb der Anlage. Die beiden Spiegelräder 73, 74 werden wohl synchron angetrieben, der Phasenwinkel zwischen den Spiegelrädern kann aber beliebig eingestellt werden. Es ist auch möglich, die beiden Spiegelräder 73, 74 mit unterschiedlichem Drehsinn zu betreiben.

Eine weitere Variante der Erfindung ist in den Fig. 10a und 10b dargestellt. Das Polygonspiegelrad 79 ist als dreiseitige Pyramide ausgebildet. Dem Spiegelrad liegen die Optiken 60, 68 und 61, 69 um 180 ° gegeneinander versetzt gegenüber. Durch Spiegel 80 bzw. 81 werden die Sende- bzw. Empfangsstrahlen um 90 ° abgelenkt, so dass sie im wesentlichen achsial aus- bzw. eintreten. Die mit anderen Ausführungen übereinstimmende Teile sind in der Zeichnung mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Die Erfindung ist nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt. Im besonderen ist die Erfindung nicht auf flugzeuggestützte Systeme eingeschränkt, sondern kann mit gleichen Vorteilen auf Tunnelmess-Systeme od. dgl. und Geräte angewendet werden, bei welchen der Scanner auf einem Drehtisch montiert ist. Es können auch die verschiedenen Lösungen zur Nutzung der Synergieeffekte, wie sie beispielsweise in den Fig. 5 bis 7 gezeigt sind, in beliebiger Weise miteinander kombiniert werden.

Patentansprüche:

1. Einrichtung zur Aufnahme eines Objektraumes mit einem opto elektronischen Entfernungsmesser nach einem Signal-Laufzeitverfahren mit einer Sendeeinrichtung zum Aus-senden von optischen, insbes. von Laser-Signalen und einer Empfangseinrichtung zum Empfangen von optischen Signalen, insbes. von Laserstrahlung, die von im Zielraum befindlichen Objekten reflektiert wird, ferner mit einer Scan-Einrichtung zur Ablenkung der optischen Achsen von Sende- und Empfangseinrichtung, wobei die optischen Achsen von Sende- und Empfangseinrichtung im wesentlichen parallel verlaufen und die Scan-Einrichtung ein rotierendes Polygon-Spiegelrad umfasst, ferner mit einer Auswerteeinrichtung, die aus der Laufzeit bzw. der Phasenlage des ausgesandten optischen Signals Entfernungswerte ermittelt, wobei sich die Raum-Koordinaten der einzelnen Datenelemente aus den Entfernungswerten und der Strahlablenkung der Scan-Einrichtung ergeben *dadurch gekennzeichnet, dass*
die Einrichtung mindestens einen weiteren Entfernungsmesskanal (K2) umfasst, wobei entweder für jeden Entfernungsmesskanal (K1, K2) ein eigenes Polygon-Spiegelrad (62, 63) vorgesehen ist und die Polygon-Spiegelräder (62 und 63) vorzugsweise parallele Achsen aufweisen, synchron angetrieben und vorzugsweise gegeneinander versetzt sind, so dass während der Abtastlücke des einen Systems das andere den Objektraum (13) abtastet, oder für zwei bzw. mehrere Entfernungsmesskanäle (K1, K2) ein einziges Polygon-Spiegelrad (79) vorgesehen ist, wobei gegebenenfalls mittels Spiegel (80, 81) die verschiedenen Strahlenbündel im Objektraum ausrichtbar sind.
2. Einrichtung zur Aufnahme eines Objektraumes nach Patentanspruch 1, *dadurch gekennzeichnet, dass*
die Polygon-Spiegelräder der Scan-Einrichtungen auf einer gemeinsamen Plattform angeordnet sind, welche im Objektraum, vorzugsweise senkrecht zur Abtastrichtung der Polygon-Spiegelräder, bewegbar ist, wobei zu jedem Messpunkt (19) gleichzeitig mit den Entfernungsdaten und dem Ablenkwinkel der Polygonspiegel die, beispielsweise von einem Navigationssystem, vorzugsweise einem GPS-System, gelieferten Koordinaten des jeweiligen Standortes und die Ausrichtung der Plattform im Raum erfassbar sind.
3. Einrichtung zur Aufnahme eines Objektraumes nach Patentanspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet, dass*
Komponenten der Entfernungsmesser z.B. der Lasertransmitter (30) und / oder das

Empfangssystem (42, 72) und / oder die Auswerteeinrichtung (44, 56) nur einfach vorgesehen sind und von den verschiedenen Entfernungsmessern gemeinsam nutzbar sind.

4. Einrichtung zur Aufnahme eines Objektraumes, nach Patentanspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
in der optischen Achse des Lasertransmitters (30), vorzugsweise teildurchlässige, Spiegel oder Prismen (32, 33) vorgesehen sind, durch welche der Strahl (31) des Lasertransmitters (30) teilbar ist, wobei die entsprechenden Teilstrahlen (31a, 31b) den jeweiligen Polygon-Spiegelrädern (34, 36) zuleitbar sind.
5. Einrichtung zur Aufnahme eines Objektraumes, nach Patentanspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
in der optischen Achse des Empfangssystems (42), vorzugsweise teildurchlässige, Spiegel oder Prismen (39) vorgesehen sind, durch welche die verschiedenen, von den Polygon-Spiegelrädern (37, 38) reflektierten Strahlen zu einem einzigen Strahlenbündel kombinierbar sind.
6. Einrichtung zur Aufnahme eines Objektraumes, nach Patentanspruch 3, 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
als optischer Strahlteiler im Sende- und / oder im Empfangsteil ein Glasfaserstrahlteiler (58, 59 bzw. 70, 71) verwendet ist.
7. Einrichtung zur Aufnahme eines Objektraumes, nach Patentanspruch 3, 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
als optischer Strahlteiler ein schwingendes Spiegelement (49) vorgesehen ist, welches zwei, alternierend in das Strahlenbündel (31) eintauchende Spiegelflächen (47, 48) mit unterschiedlichen Ausrichtungen aufweist.
8. Einrichtung zur Aufnahme eines Objektraumes, nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Polygon-Spiegelräder (62, 63) auf einer gemeinsamen Welle angeordnet sind.
9. Einrichtung zur Aufnahme eines Objektraumes, nach Patentanspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Polygon-Spiegelräder (62, 63) in an sich bekannter Weise als Spiegel-Pyramiden ausgeführt sind, die um ihre Achse rotieren, wobei zwei Polygon-Spiegelräder (62, 63) coaxial angeordnet und an ihrer Basis miteinander verbunden sind.
10. Einrichtung zur Aufnahme eines Objektraumes, nach einem der Patentansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Polygon-Spiegelräder (73, 74) über je einen eigenen Antrieb (75, 76) verfügen und diese Antriebe (75, 76) die Polygon-Spiegelräder (73, 74) synchron antreiben, wobei die Phasenlage der einzelnen Polygon-Spiegelräder (73, 74) zueinander einstellbar ist.

Hiezu 4 Blatt Zeichnungen

FIG 1

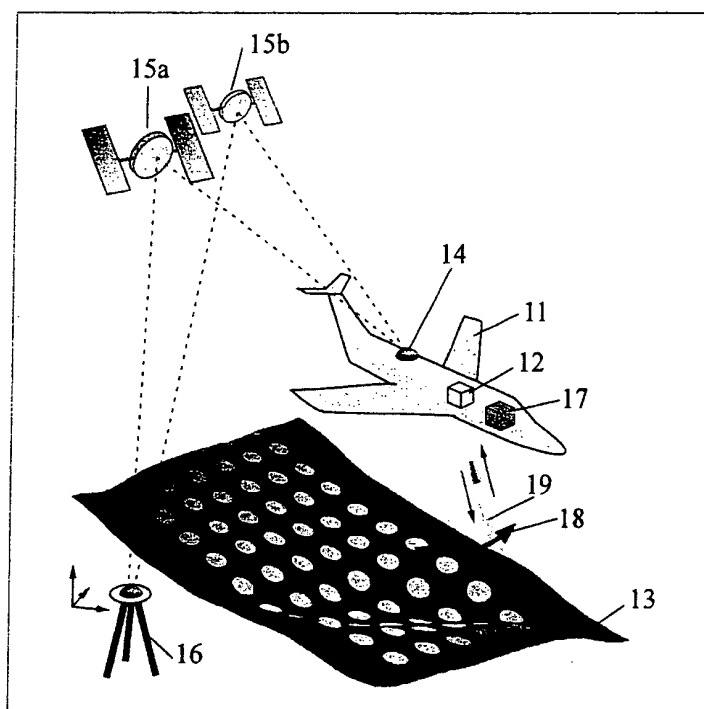


FIG 3

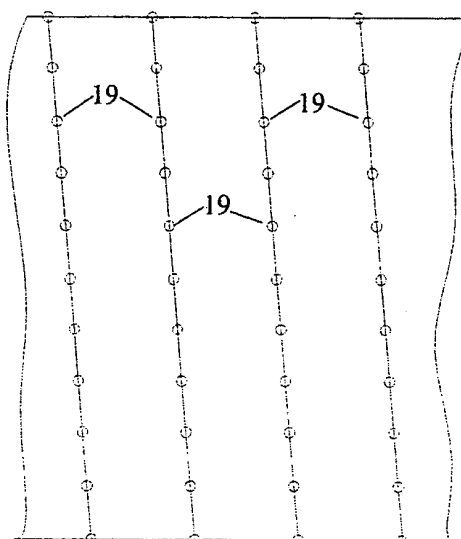
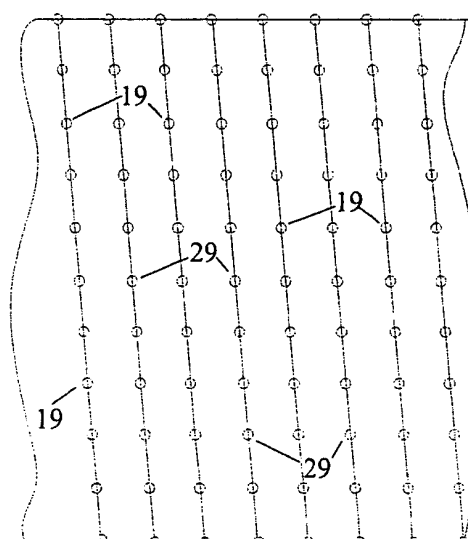


FIG 4



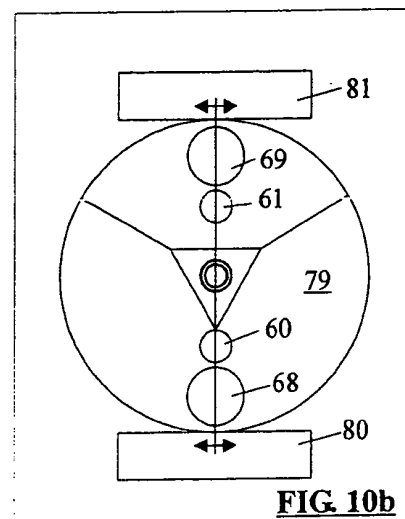
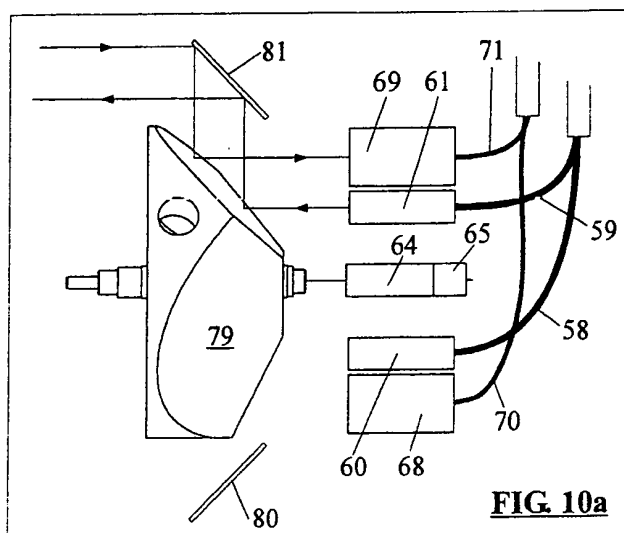
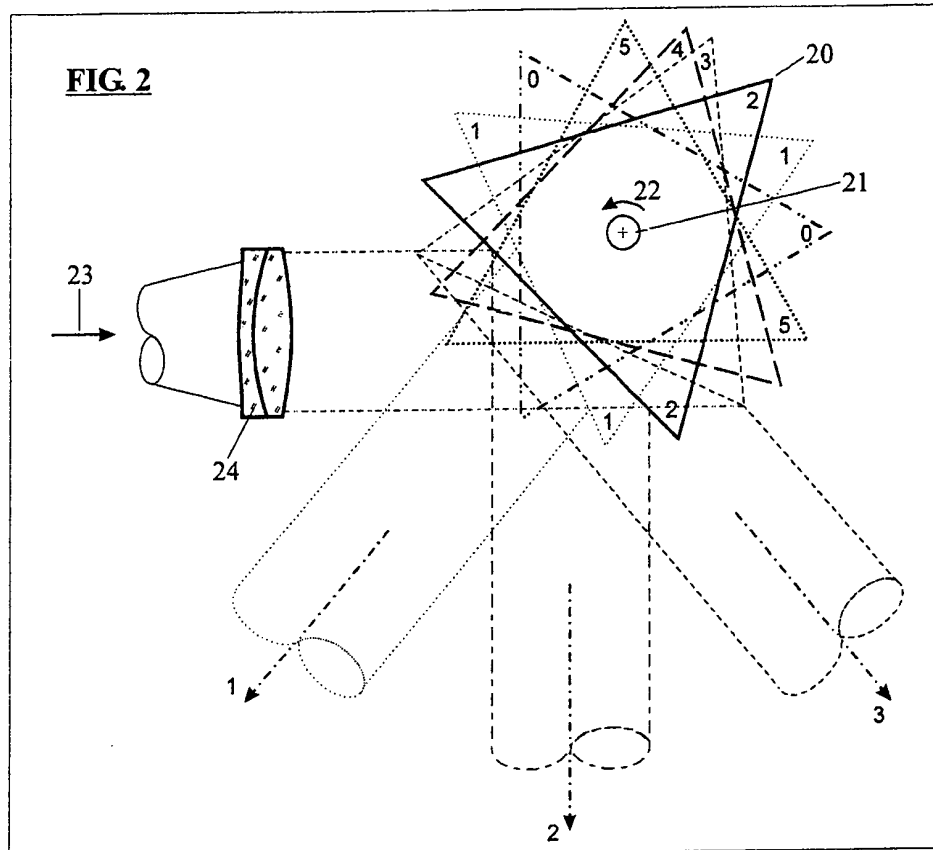




FIG. 5

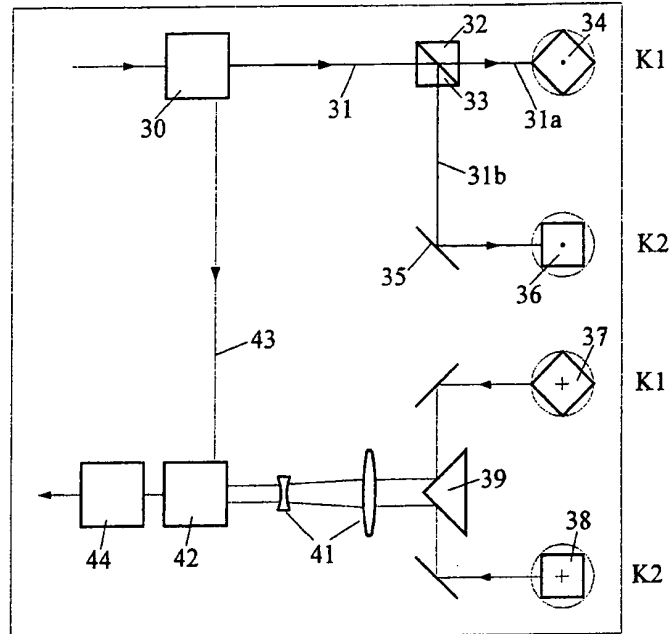


FIG. 6

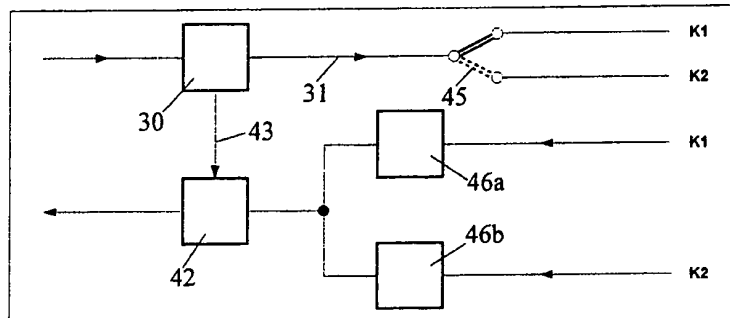


FIG. 7

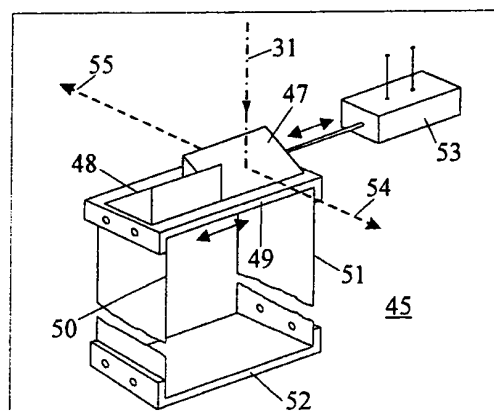


FIG. 8