

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 1886/2007**

(51) Int. Cl.<sup>8</sup>: **G02B 26/10** (2006.01)

(22) Anmeldetag: **21.11.2007**

(43) Veröffentlicht am: **15.06.2008**

(30) Priorität:

27.11.2006 US 604282 beansprucht.

(73) Patentanmelder:

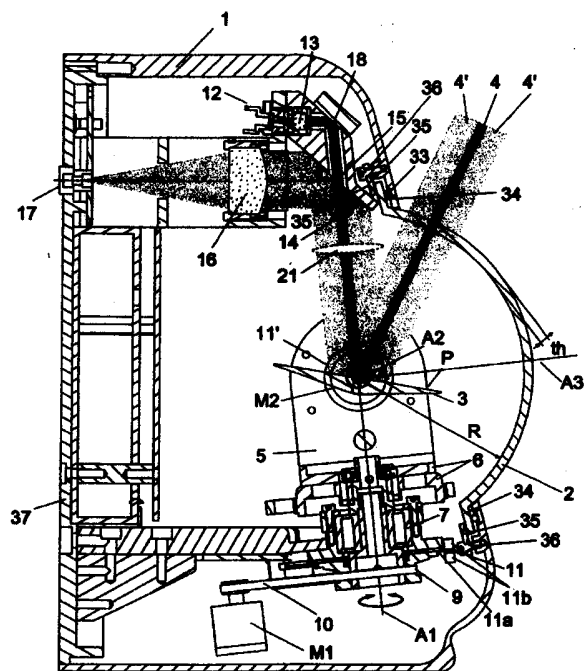
RIEGL LASER MEASUREMENT SYSTEMS  
GMBH  
A-3580 HORN (AT)

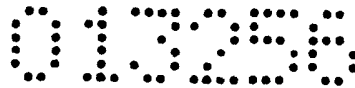
(72) Erfinder:

REICHERT RAINER  
HORN (AT)  
ULLRICH ANDREAS DR.  
GABLITZ (AT)  
PFENNIGBAUER MARTIN DR.  
TULLN (AT)  
RIEGL JOHANNES DR.  
INFRTZ (AT)

(54) **SCAN-EINRICHTUNG**

(57) Scan-Einrichtung für ein optisches Scanning System bestehend aus einem Gehäuse (1), das eine gerätefesten Laser-Quelle (12), einen Schwingspiegel (3) zur Ablenkung der Laserstrahlen (4) und eine Empfangseinrichtung (17) für reflektierte Laserstrahlung (4') umfasst, ferner aus einer Auswerteeinrichtung (31), die aus der Lauzeit der Laserstrahlung Entfernungswerte ermittelt, die den jeweiligen Ablenkwinkeln zugeordnet sind, weiters mit einem Fenster (2) aus einem für die Laserstrahlung transparenten Material, welches das Gehäuse (1) verschließt und durch welches die Sendelaserstrahlen (4) in den Objektraum austreten und im Objektraum reflektierte Strahlen (4') vorzugsweise durch das genannte Fenster (2) wieder in das Gerät eintreten können, wobei das Fenster (2) sphärisch ausgebildet ist und der Krümmungsmittelpunkt mit dem Schnittpunkt der beiden Drehachsen (A1,A2) des Schwingspiegels (3) zusammenfällt und Korrekturmittel (21) im Strahlengang der Laser-Strahlen (4,4') vorgesehen sind, welche die optische Wirkung des gekrümmten Fensters (2) kompensieren.





**RIEGL**  
**Laser Measurement Systems GmbH.**  
**HORN**

5

### **Zusammenfassung.**

10

Scan-Einrichtung für ein optisches Scanning System bestehend aus einem Gehäuse (1), das eine gerätefesten Laser-Quelle (12), einen Schwingspiegel (3) zur Ablenkung der Laserstrahlen (4) und eine Empfangseinrichtung (17) für reflektierte Laserstrahlung (4') umfasst, ferner aus einer

15

Auswerteeinrichtung (31), die aus der Laufzeit der Laserstrahlung Entfernungswerte ermittelt, die den jeweiligen Ablenkwinkeln zugeordnet sind, weiters mit einem Fenster (2) aus einem für die Laserstrahlung

20

transparenten Material, welches das Gehäuse (1) verschließt und durch welches die Sende-Laserstrahlen (4) in den Objektraum austreten und im Objektraum reflektierte Strahlen (4') vorzugsweise durch das genannte Fenster (2) wieder in das Gerät eintreten können, wobei das Fenster (2) sphärisch ausgebildet ist und der Krümmungsmittelpunkt mit dem Schnittpunkt der beiden Drehachsen (A1,A2) des Schwingspiegels (3) zusammenfällt und Korrekturmittel (21) im Strahlengang der Laser-Strahlen (4, 4') vorgesehen sind, welche die optische Wirkung des gekrümmten Fensters (2) kompensieren.

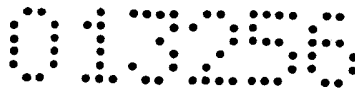
25

(Fig. 1)

30

Horn, am 21.11.2007

**RIEGL**  
**Laser Measurement Systems GmbH**



**RIEGL**  
**Laser Measurement Systems GmbH.**  
**HORN**

5

10

### **Scan-Einrichtung.**

15

Die Erfindung bezieht sich auf eine Scan-Einrichtung für ein optisches Scanning System bestehend aus einem Gehäuse, das eine gerätefesten Quelle für, insbes. impulsförmige, Laser Strahlung umschließt, ferner Strahl-Ablenkmittel, insbes. in Form eines Schwingspiegels, um Strahlen der Laser-Quelle abzulenken und einen Objektraum rasterartig abzutasten, ferner mit einer Empfangseinrichtung für im Objektraum reflektierte Laserstrahlung und einer Auswerteeinrichtung, die aus der Laufzeit der Laserstrahlung Entfernungswerte ermittelt, die den jeweiligen Ablenkwinkeln zugeordnet sind.

20

25

Laser-Scanner, auch Lidar- oder Laser-Radarsysteme genannt, wurden für ein breites Anwendungsgebiet entwickelt und werden beispielsweise als Systeme zur Erzeugung von Entfernungs- bzw. 3 D Bildern oder 3 D- Modellen eingesetzt. Bei terrestrischem Einsatz, wie bei der Aufnahme von Bauwerken oder Geländeformationen wird im Allgemeinen eine hohe räumliche Auflösung und Abbildungsqualität gefordert, während die Messdauer, die Wartungsfreiheit des Systems und auch die Resistenz desselben gegenüber Umwelteinflüssen als weniger bedeutend angesehen werden.

30

35

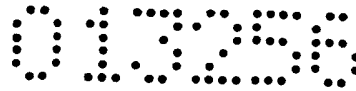
Bei Einsatz solcher Systeme auf bewegten Plattformen, beispielsweise in Fluggeräten, wie in Hubschraubern oder Flächenflugzeugen stehen völlig andere Kriterien im Vordergrund: Das System muss unempfindlich sein gegenüber



extremen Umwelteinflüssen, wie Beschleunigungen und Vibrationen, hohen oder tiefen Temperaturen und / oder Luftfeuchtigkeit, sowie schnellen Änderungen dieser Parameter. Die Messgeschwindigkeit muss bei schnell bewegten Systemen möglichst hoch sein, wobei aber trotzdem eine hohe Auflösung und Qualität der Messung bzw. der Abbildung gefordert wird. Schließlich ist in vielen Anwendungsfällen ein großes Gesichtsfeld von entscheidender Bedeutung.

Zur Erreichung einer möglichst hohen Abtastgeschwindigkeit und Unempfindlichkeit gegenüber Beschleunigungen, ist es wesentlich, dass die Strahlablenmittel möglichst geringe Massen bzw. Trägheitsmomente aufweisen. Dieses Ziel kann durch eine entsprechende Anordnung bzw. Lagerung der Strahlablenmittel, insbes. des Schwingspiegels, erreicht werden. Diese Lagerung umfasst erste Lager zur drehbaren Lagerung der genannten Strahl-Abtastmittel um eine erste Drehachse und zweite Lager zur drehbaren Lagerung der genannten Strahl-Ablenkmittel um eine zweite Drehachse, die im Wesentlichen normal zur ersten Drehachse gerichtet ist und mit dieser einen Schnittpunkt definiert. Zum Schutz des Systems ist ein Fenster aus einem für die Laserstrahlung transparenten Material vorgesehen, welches das Gehäuse verschließt und durch welches die Sende-Laserstrahlen in den Objektraum austreten und im Objektraum reflektierte Strahlen vorzugsweise durch das genannte Fenster wieder in das Gerät eintreten können.

Die oa. Ziele werden erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass das Fenster in an sich bekannter Weise sphärisch ausgebildet ist, wobei der Krümmungsmittelpunkt des Fensters mit dem genannten Schnittpunkt der Drehachsen im Wesentlichen zusammenfällt und Korrekturmittel im Strahlengang der Laser-Strahlen vorgesehen sind, welche die optische Wirkung des gekrümmten Fensters kompensieren.



Bei bekannten Systemen ist vorgeschlagen worden, das Fenster in Form einer Kuppel auszubilden, um ein möglichst großes Gesichtsfeld zu erhalten. Dies ist besonders bei Zielerfassungssystemen von Bedeutung, wie sie in den US-Patentschriften Nr. 4,039,246 und 4,024,392 beschrieben sind. Bei Zielerfassungssystemen ist wohl primär von Bedeutung zu wissen, in welchem Bereich (Quadranten) des Gesichtsfeldes sich das Ziel befindet. Daher sind Abweichungen und Verzeichnungen der optischen Abbildung nur von untergeordneter Bedeutung. Gemäß der erstgenannten US-Patentschrift ist ein Spiegelteleskop vorgesehen, dessen Primär- und Sekundärspiegel um eine gemeinsame Achse drehbar angeordnet sind. Beide Spiegel sind gegenüber der Drehachse geringfügig gekippt und werden mit unterschiedlicher Drehzahl angetrieben. Die optischen Achsen der eintretenden Strahlenbündel beschreiben dadurch Schleifen, die in Summe ein rosettenartiges Abtastmuster ergeben. Das System arbeitet rein passiv, das heißt es wird nur die von den Zielen emittierte Strahlung ausgewertet. Eine Entfernungsmessung ist daher bei diesem System nicht möglich. Das rosettenartige Abtastmuster hat im zentralen Bereich eine hohe Auflösung, im peripheren Bereich eine geringe. Um dies zu kompensieren, ist das Spiegelteleskop kardanisch gelagert und wird einem einmal erfassten Ziel so nachgeführt, dass sich dieses stets im Zentrum des Gesichtsfeldes befindet. Das kardanisch gelagerte Spiegelteleskop ist durch eine transparente, sphärische Kuppel abgedeckt. Das System ist nicht in der Lage, ein Objektfeld mit konstanter Auflösung und Abbildungsqualität abzutasten und weist darüber hinaus sehr große Massen und Trägheitsmomenten auf, so dass es empfindlich gegen Beschleunigungen und Vibrationen ist.

*4023*  
In der US-Patentschrift 4,039,246 ist ein ähnliches System beschrieben. Auch hier wird ein Spiegelteleskop eingesetzt, welches kardanisch gelagert ist. Die Strahlen eines ortsfesten Lasers werden über ein komplexes Prismensystem durch die Lager der Kardan-Rahmen ins Zentrum des Spiegelteleskops gelenkt und werden in der optischen Achse des Systems ausgesandt. Die Laser-Strahlung dient der Beleuchtung des Gesichtsfeldes, so dass auch Ziele erfasst



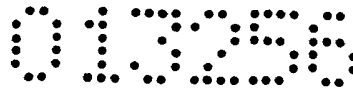
werden können, die keine Strahlung emittieren. Die reflektierten Laserstrahlen werden durch den Teleskopspiegel auf einen 4-Quadranten- Sensor gelenkt. Über eine entsprechende Steuereinrichtung wird das Teleskop dem erfassten Ziel nachgeführt. Optional kann ein TV-Kamerasystem vorgesehen sein, so dass das Ziel auch beobachtet werden kann. Auch in diesem Fall ist das Spiegelteleskop durch eine transparente Kuppel abgedeckt.

Keines der beiden Systeme weist einen Laserentfernungsmesser auf, so dass sie nicht geeignet sind, Daten aufzunehmen, aus denen Entfernungsbilder oder auch 3-D- Modelle entwickelt werden können. Bei diesen Zielerfassungssystemen sind daher auch die Anforderungen an die Abbildungsqualität und Verzeichnungsfreiheit vergleichsweise gering.

Vorteilhaft enthält das Gehäuse der erfindungsgemäßen Scann- Einrichtung eine gerätefeste Empfangseinrichtung, die von der Laserquelle emittierte, von dem Strahl-Ablenkmittel abgelenkte, durch das Fenster ausgesandte, von einem im Gesichtsfeld befindlichen Objekt reflektierte und durch das sphärisch gekrümmte Fenster wieder in das Gehäuse eintretende Laserstrahlen empfängt, wobei die reflektierten Strahlen, bevorzugt von dem Strahl-Ablenkmittel des Sendestrahles, abgelenkt und auf die gerätefeste Empfangseinrichtung gerichtet werden.

Weitere Vorteile ergeben sich, wenn die Sendestrahlen und die auf die Empfangseinrichtung gerichteten, reflektierten Laserstrahlen koaxial verlaufen, wobei zwischen dem Strahl-Ablenkmittel und der Laserquelle bzw. der Empfangseinrichtung ein an sich bekannter Strahlenteiler für die beiden Strahlen vorgesehen ist.

Vorzugsweise besteht der Strahlenteiler aus einem Spiegel mit einer zentralen Durchbrechung, durch welche einer der beiden Strahlen, vorzugsweise der



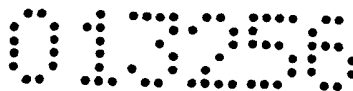
Sendestrahl, durchtreten kann, während der andere Strahl an der Spiegeloberfläche reflektiert wird.

Bei einer Scan-Einrichtung mit einem Schwingspiegel als Strahlablenmittel  
5 ergeben sich weitere Vorteile, wenn die optische Achse des auf den Schwingspiegel gerichteten Sende-Laserstrahles mit der ersten Drehachse des Schwingspiegels zusammenfällt.

Eine weiter Verbesserung ergibt sich, wenn im Strahlengang des Sendestrahles  
10 und der im Objektraum reflektierten Strahlung je ein optisches System vorgesehen ist, durch welches einerseits die Laserstrahlung auf eine mittlere Distanz des Objektraumes fokussiert, andererseits die reflektierte Strahlung auf die Empfangseinrichtung konzentriert wird, wobei zumindest in einem dieser Systeme ein Optik-Element mit positiver Brechkraft, beispielsweise eine  
15 Korrekturlinse, zur Kompensation der negativen Brechkraft des sphärischen Fensters vorgesehen ist und gegebenenfalls bei einem coaxialen Sende- und Empfangsstrahl die Kompensation durch eine einzige, gemeinsame Korrekturlinse erfolgt, bzw. zumindest eines der beiden optischen Systeme zur Kompensation der Brechkraft des Fensters entsprechend justiert ist.

Alternativ zur oben angeführten Lösung kann zur Kompensation der negativen  
20 Brechkraft des sphärischen Fensters zumindest einer der im Strahlengang angeordneten Spiegel, beispielsweise der Schwingspiegel konkav gekrümmt ausgeführt sein.

Vorzugsweise ist der Schwingspiegel in einem U-förmigem Lagerbock um die  
25 zweite Drehachse schwenkbar gelagert, der auf einem Drehteller angeordnet ist, welcher mittels eines Elektromotors, vorzugsweise eines Schrittmotors, um die erste Drehachse drehbar ist, wobei gegebenenfalls ein Winkeldecoder zur  
30 Ermittlung der exakten Ausrichtung des Schwingspiegels um die erste Achse vorgesehen ist.



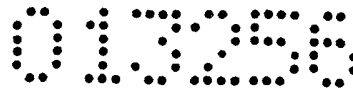
Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist der Schwingspiegel durch einen am Lagerbock angeordneten Drehmomentmotor mit begrenztem Drehwinkel um die zweite Achse schwenkbar, wobei gegebenenfalls zur  
5 Messung des vom Schwingspiegel tatsächlich erreichten Drehwinkels ein Winkeldecoder vorgesehen ist.

Um den Anforderung nach besonderer Unempfindlichkeit gegen Umwelteinflüsse zu entsprechen umschließt das Gehäuse samt dem sphärischen  
10 Fenster die Scaneinrichtung dicht, vorzugsweise gasdicht, wobei entsprechend dichte Durchführungen bzw. Durchführungsstecker für die elektrischen Leitungen und gegebenenfalls auch für Lichtleiter für die Laserstrahlen vorgesehen sind, wobei gegebenenfalls das gasdicht ausgeführte Gehäuse mit  
15 einem inerten Gas, vorzugsweise mit Stickstoff, gefüllt und vorzugsweise mit einer Heizung ausgerüstet ist.

Vorteilhaft steht das Gehäuse in an sich bekannter Weise gegenüber der umgebenden Atmosphäre unter Überdruck, wobei vorzugsweise ein Sensor zu  
Überwachung des Druckes vorgesehen ist.

20 Vorzugsweise weist das sphärische Fenster eine Wandstärke von max. 4 mm, vorzugsweise 1 bis 2,5 mm auf und besteht vorteilhaft aus Kunststoff, insbes. aus Polymethylmethacrylat (PMMA oder Plexiglas).

25 Um eine Einstreuung von Sendelaserlicht in den Empfangskanal zu vermeiden ist das sphärische Fenster insbes. an seiner Innenseite mit einem Antireflexbelag beschichtet, der auf die Wellenlänge der von der Laserquelle emittierten Strahlung abgestimmt ist, wobei gegebenenfalls das sphärische Fenster insbes. an seiner Außenseite mit einem harten, kratzfesten Belag,  
30 beispielsweise aus Siliziumoxyd beschichtet ist.



Um die Bildung eines störenden Wasser- oder Schmutzfilms bzw. von Tropfen zu vermeiden ist das sphärische Fenster an seiner Außenseite mit einem Anti-Regenbelag beschichtet ist.

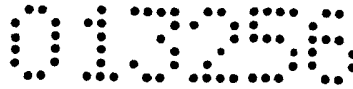
5 Die Auswirkung störender Reflexe kann auch dadurch unterdrückt werden, dass die Auswerteeinrichtung nur Entfernungswerte weiter verarbeitet, die deutlich größer als der Radius des sphärischen Fensters sind.

10 Um eine Störung durch eine Verschmutzung der Fensteroberfläche zu vermeiden, ermittelt die Auswerteeinrichtung laufend die Amplituden der an dem sphärischen Fenster reflektierten Strahlung als Maß für eine allfällige Verschmutzung desselben und löst gegebenenfalls ein Warnsignal aus.

15 Bei Anwendung der neuen Scan-Einrichtung in Fluggeräten, wie in bemannten oder unbemannten Flächenflugzeugen oder Hubschraubern wird die Achse des Gesichtsfeldes der Scan-Einrichtung im Wesentlichen entsprechend der Flugrichtung ausgerichtet. Die Daten der Auswerteeinrichtung werden zusammen mit Daten des Fluggerätes, wie Position, Lage, Geschwindigkeit, Kurs, Steig- bzw. Sinkgeschwindigkeit einem Computer zugeführt, welcher aus diesen das Risiko einer Kollision mit einem im Gesichtsfeld der Scan-  
20 Einrichtung ermittelten, ortsfesten oder bewegten Objekt berechnet und bei Feststellung eines solchen Risikos ein Warnsignal auslöst bzw. ein entsprechendes Ausweichmanöver einleitet.

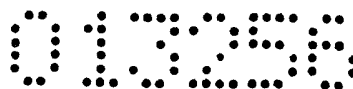
25 Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels und unter Bezugnahme auf die beigeschlossenen, schematischen Zeichnungen.

30 Die Fig. 1 zeigt im Schnitt einen Laser-Scanner gemäß der Erfindung.  
Die Fig. 2 veranschaulicht ein Blockschalt-Schema der zugehörigen Elektronik.



Gemäß der Fig. 1 hat das Gehäuse 1 ein sphärisches, kuppelartiges Fenster 2 hinter welchem ein Schwingspiegel 3 gelagert ist. Dieser Spiegel 3 dient als Strahl-Scanner, der einen Sendestrahle 4 durch das Fenster 2 aussendet. Anstelle des Schwingspiegels 3 können andere, bekannte Strahlableitrichtungen, wie rotierende Prismen oder rotierende Spiegel etc. eingesetzt werden.

Das Fenster 2 kann aus Glas, aus Polymethylmethacrylate ( PMMA oder Plexiglas) bestehen. Fenster aus diesem Kunststoff werden vorzugsweise mit einer kratzfesten Schutzschicht beschichtet. Sowohl bei Verwendung von Glas als auch von PMMA ist es vorteilhaft, die Oberfläche des Fensters 2 mit einer Antireflex- und / oder einer Anti-Regenschicht zu beschichten. Die Antiregenschicht soll eine Verschmutzung der Oberfläche oder auch eine Tropfenbildung auf dieser vermeiden. Die Stärke „th“ des Fensters 2 sollte so gering wie möglich sein, um die optische Wirkung, desselben zu reduzieren. Die Wandstärke des Fensters 2 sollte nicht mehr als 4 mm betragen. Um den Festigkeitsanforderungen zu entsprechen, könnte je nach Fenstergröße und maximaler Druckdifferenz zwischen dem Gehäuseinneren und der Atmosphäre ein Bereich von 1 mm bis 2,5 mm gewählt werden. Das Fenster 2 weist an seinem Rand einen Flansch 34 auf. Zwischen dem Gehäuse 1 und dem Flansch 34 ist eine O-Ringdichtung 33 eingelegt. Mittels eines Ringes 35 und Spannschrauben 36 wird die O-Ringdichtung 33 niedergespannt. Der Gehäuseboden 37 wird mit an sich bekannten und in Fig. 1 nicht dargestellten Dichtungen abgedichtet. In Fig. 1 nicht dargestellt ist der Durchführungsstecker 20 (Fig. 2), der in sich gasdicht ist und dicht in den Gehäuseboden 37 eingebaut ist. Um den extremen Umweltbedingungen bei einem Einsatz in einem Fluggerät, wie stark wechselnde Temperatur-, Luftfeuchtigkeits- und Druckwerten gerecht zu werden, ohne dass es zu Kondenswasserbildung oder zu einer beschlagenen Fensteroberfläche kommt, ist das gasdicht gekapselte Gehäuse mit Stickstoff gefüllt, dem jede Feuchtigkeit entzogen worden ist. Das Gehäuse steht unter erhöhtem Innendruck, der von einem nicht dargestellten Drucksensor überwacht wird.



Bei Absinken des Druckes unter einen vorgegebenen Pegel wird ein Warnsignal ausgelöst. Optional kann im Gehäuse zusätzlich 1 eine nicht dargestellte Heizung vorgesehen sein

5 Um den Spiegel 3 um 2 Achsen schwenkbar zu machen, ist ein im Wesentlichen U-förmiger Lagerbock 5 vorgesehen, der auf einem Drehtisch 6 befestigt ist, welcher Drehtisch in einer Lagerung 7 gelagert ist und eine im Wesentlichen vertikale Achse A1 definiert. Die zwei vertikalen Schenkel des U-förmigen Lagerbockes 5 weisen eine Lagerung auf, die eine im  
10 Wesentlichen horizontale Achse A2 definiert, die normal zur vertikalen Achse A1 verläuft. Die Fig. 1 zeigt deutlich, dass sich die beiden Achsen in der reflektierenden Oberfläche P des Spiegels 3 schneiden. Geringfügige Abweichungen von einem exakten Schnittpunkt sind zulässig, solange die dadurch bewirkten Fehler für die konkrete Anwendung akzeptabel sind.

15 Um Verzeichnungen und andere Abbildungsfehler zu minimieren sollte berücksichtigt werden, dass das transparente Fenster 2 als Linse wirkt und solche Verzeichnungen und Abbildungsfehler sowohl im Sende- als auch im Empfangskanal verursachen kann. Vorteilhaft fällt der Schnittpunkt der  
20 Achsen A1, A2 möglichst exakt mit dem Krümmungsmittelpunkt des Fensters 2 zusammen. Dadurch kann der Strahl 4 die gesamte Fläche des Fensters 2 überstreichen, ohne dass sich die optische Wirkung des Fensters ändert.

25 Um die exakte Koinzidenz des Schnittpunktes der Achsen A1 und A2 sowie der Oberfläche P des Schwingspiegels 3 und des Krümmungsmittelpunktes des sphärischen Fensters 2 sicherzustellen, sind entsprechende Justageeinrichtungen vorgesehen (nicht dargestellt).

30 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird im Interesse einer Minimierung der Abbildungsfehler und Verzeichnungen eine der beiden Achsen A1 und A2, gemäß der Fig. 2, in die Spiegel-Ebene P des



Spiegels 3 gelegt. Im Prinzip könnte dies sowohl die Achse A1 als auch die Achse A2 sein, vorzugsweise ist dies aber die horizontale Achse A2.

5 Um den Spiegel 3 um die Achse A1 zu schwenken ist ein erster Motor M1 vorgesehen, um den Drehteller 6 anzutreiben. Dieser Motor M1 ist vorzugsweise ein Schrittmotor, so dass eine entsprechende Genauigkeit der Bewegung des Drehtellers gewährleistet wird. Der Motor M1 kann den Drehteller 6 direkt antreiben, durch Einschaltung eines Getriebes, insbes. eines Zahnriemens 10 erzielt man erhöhte konstruktive Flexibilität. Die Drehung des Drehtisches 6 wird durch einen Winkel-Encoder 11 überwacht, der  
10 beispielsweise eine Winkel-Codierscheibe 11a und einen optischen Lesekopf 11b umfasst. Es kann aber auch jede beliebige Winkel-Encoder-Konstruktion eingesetzt werden, wie andere optische, induktive oder kapazitive Systeme.

15 Da der Spiegel 3 um die Achse A2 nur um einen begrenzten Winkel geschwenkt werden muss, ist es vorteilhaft, ihn um diese Achse mit einem Limited Angle Torque Motor (LAT) M2, also mit einem Drehmomentmotor mit begrenztem Drehwinkel anzutreiben. Es können aber auch andere Motortypen eingesetzt werden. Ein dem Encoder 11 ähnlicher Winkel-Encoder kann eingesetzt werden, um die Drehung um die Achse A2 zu überwachen. In  
20 der Fig. 1 ist der Winkel-Encoder 11' nur schematisch als Winkel-Codierscheibe angedeutet. Durch die Bewegung des Spiegels 3 um die beiden Achsen A1 und A2 wird das Gesichtsfeld des Systems durch das Fenster 2 abgetastet, wobei der Spiegel um die Achse A1 mit beispielsweise 2 Hz schwingt, um die Achse A2 hingegen mit beispielsweise 20 Hz. Entsprechend  
25 den unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Bewegungen des Spiegels 3 sind die Massen bzw. Trägheitsmomente der bewegten Elemente bezüglich der Achse A2 deutlich geringer als jene bezüglich der Achse A1

30 Im Gehäuse 1 ist ein Laser-Transmitter 12 vorgesehen. Das Laser-Licht wird durch ein entsprechendes optisches System 13, einen Umlenkspiegel 18 und



eine (optionale) Korrekturlinse 21 auf den Schwing-Spiegel 3 gelenkt. In dem letzteren Bereich ist die optische Achse identisch mit der Drehachse A1 des Schwingspiegels 3, der den Laserstrahl 4 über die gesamte Höhe und Breite des Fensters 2 führt.

5

Der Laser-Strahl 4 wird auf ein Objekt, außerhalb des Fensters 2 gelenkt und wird an diesem Objekt, wie an sich bekannt, reflektiert. Die reflektierten Strahlen 4' treten durch das Fenster 2 in das Gerät ein und treffen auf den Schwingspiegel 3 und werden von diesem auf einen Strahlenteiler gelenkt, der den ausgesandten Sendestrahle 4 vom einfallenden Strahl 4' trennt.

10

Die Trennung des Sendestrahles und des einfallenden Strahles kann auf verschiedene Arten erfolgen, beispielsweise mit einem teilverspiegelten Reflektor 14. Da dies aber eine Dämpfung bzw. Abschwächung sowohl des Sende- als auch des einfallenden Signals zur Folge hat, ist es vorteilhaft, den Reflektor mit einer zentralen Bohrung 15 auszuführen, welche ein Durchtreten des dünnen Laserstrahles 4 durch die Bohrung 15 erlaubt, während der Reflektor 14 das relativ größere Bündel von reflektierten Strahlen 4' durch die Empfänger-Optik 16 auf den Empfänger 17 lenkt. Der Sende- und der Empfangsstrahl verlaufen koaxial und werden gemeinsam vom Schwingspiegel 3 abgelenkt. Da der Empfangsstrahl 4' einen im Wesentlichen kreisförmigen Querschnitt aufweist, ist es vorteilhaft, den Schwingspiegel 3 elliptisch auszuführen, wobei sich die große Achse der Ellipse aus dem Durchmesser des Strahlenbündels 4' und dem maximalen Ablenkwinkel des Schwingspiegels 3 ergibt. Der Transmitter 12, die Sendeoptik 13, der Umlenkspiegel 18 und der Strahlenteiler 14, 15 sind fest im Gehäuse angeordnet. Das gleiche gilt für den Empfänger 17 samt der Empfangsoptik 16 und der Korrekturlinse 21.

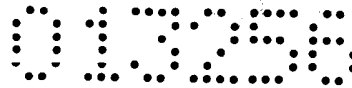
15

20

25

30

Wie in Fig.2 angedeutet ist, erfolgt die Verbindung zwischen dem Transmitter 12 und dem Empfänger 17 einerseits und den entsprechenden elektronischen Schaltkreisen andererseits über eine schematisch gezeigte,



dichte Steckverbindungen 20. Die einzelnen Schaltkreise des Blockschaltbildes werden nachfolgend zusammen mit der Fig. 2 näher erläutert.

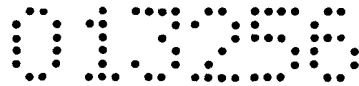
5 Es wurde bereits oben erwähnt, dass das Fenster 2 durch seine Formgebung als eine sphärische Kuppel die Wirkung einer Linse aufweist. Obwohl der Effekt durch die Maßnahmen gemäß der Erfindung klein ist, kann es zweckmäßig sein, auch die Restfehler zu eliminieren. Diese Korrektur oder Kompensation kann entweder so ausgeführt werden, dass sie sowohl auf den Sendestahl 4 als  
10 auch auf den einfallenden Strahl 4' wirkt oder auch separat für die beiden Strahlen. Im ersteren Fall besteht dies in der Einführung der Korrekturlinse 21 (Fig. 1) in den Strahlengang. Alternativ kann die Oberfläche des Spiegels 3 zur Kompensation geringfügig konkav gekrümmt ausgeführt werden. Ein dritter Weg der Korrektur der optischen Wirkung des Fensters 2 besteht darin, in die  
15 Sende- und / oder die Empfänger-Optik 13 bzw. 16 Korrektur-Elemente einzusetzen. Eine andere, einfache Kompensation der optischen Brechungswirkung des Fensters 2 besteht darin, diese bereits bei der Berechnung der Krümmungen und Brechzahlen der Elemente der optischen Systeme 13 und / oder 16 zu berücksichtigen. In der Praxis wirkt das Fenster 2  
20 als Konkavlinse, welche die Brennweite verlängert. Dieser Effekt kann beispielsweise durch die Verwendung von Linsen mit höheren Brechzahlen in den Optiken 13 und 16 kompensiert werden. Berücksichtigt man jedoch, dass die Verlängerung der Brennweite klein ist und beispielsweise nur 2 mm beträgt, kann man alleine durch Verschiebung und Justage der Optiken 13,16  
25 oder der Empfänger-Diode 17 oder des Lasersenders bzw. Transmitters 12, um eine entsprechende Distanz, die erforderliche Kompensation erzielen. In Fig. 1 sind im Wesentlichen die optischen Elemente einer bevorzugten Ausführungsform gezeigt.

30 Wie in Fig. 2 ersichtlich ist eine Treiberstufe 22, 22' je einem der Motore M1 und M2 zugeordnet. Diese Treiberstufen 22, 22' werden von einem Scanner-



Controller 23 so angesteuert, dass sich eine synchrone Bewegung des Spiegels 3 ergibt. Um eine solche synchrone Bewegung zu erzielen, werden andererseits dem Scanner-Controller 23 die Ausgangssignale der beiden Winkel-Encoder 11,11' zugeführt. Der Scanner-Controller wird durch eine  
5 Stromversorgungsstufe 24' gespeist. Ein Ausgangssignal des Scanner-Controllers 23 wird einem ersten Interface 25 zugeführt, welches mit dem Laser-Controller 26 kommuniziert, um die Transmitterstufe 12' zu steuern, welche den Lasertransmitter 12 (Fig. 1) umfasst. In einer anderen Ausführungsform der Erfindung sendet der Lasertransmitter 12 Impulse zu  
10 beliebigen Zeiten aus, während der Spiegel 3 andererseits eine beliebige Stellung einnimmt.

Diese Kommunikation des Laser-Controllers 26 in Verbindung mit dem Scanner-Controller 23 ermöglicht dem ersten Interface 25, Informationssignale  
15 basierend auf Laser-Synchron-Signalen (Laser Clock) zu generieren, welche den Beginn eines Count-Downs definieren, der zur Bestimmung der Laufzeit (Time of Flight) eines Laser-Impulses dient. Diese Informationssignale umfassen auch die Scann-Winkel-Daten und lösen einen Befehl an das zweite Interface 27 aus, welches seinerseits die notwendigen Signal-Informationen an  
20 einen Mikroprozessor 28 sendet, um die die Entfernung und gegebenenfalls andere Informationen zu bestimmen. Der Mikroprozessor 28 empfängt Signale von der Empfangsstufe 17' nachdem diese in einer Digitalisierungsstufe 29 digitalisiert worden sind. Die Empfangsstufe ist abweichend von Fig. 1 nicht innerhalb des Gehäuses 1 angeordnet, sondern in einer separaten  
25 Elektronikeinheit 31. Die Verbindung zur Empfangsstufe 17' erfolgt über ein Glasfaserkabel 32 und eine entsprechende optische Steckverbindung im Stecker 20. Da die ermittelte Pulslaufzeit (Time of Flight) die Entfernung in Richtung des Sendestrahles 4 (FIG. 1) ergibt und die Winkel-Encoder 11,11' über das zweite Interface eine 2-dimensionale Information liefern, bezüglich  
30 welcher der Entfernungswert in Richtung des Laserstrahles 4 die dritte Dimension ergibt, verfügt der Mikroprozessor 28 über alle notwendigen Daten,

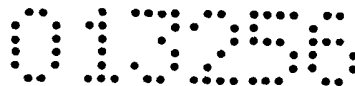


um ein Entfernungs- bzw. ein 3-D Bild zu erzeugen. Der Mikroprozessor kann ein solches Bild generieren und über ein drittes Interface 30 einem Display bzw. einem Monitor (nicht dargestellt) zuführen. Eine geeignete Software im Mikroprozessor 28 oder in einer separaten Stufe, die einer an sich bekannten CAD-Software ähnlich und geeignet ist ein dreidimensionales Bild zu  
5 erzeugen, kann direkt oder in einer modifizierten Version benutzt werden, um das 3-D-Bild am Bildschirm beliebig zu drehen.

10

Horn, am 21.11.2007

**RIEGL**  
**Laser Measurement Systems GmbH**

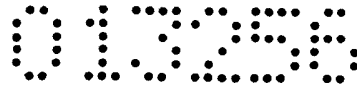


**RIEGL**  
**Laser Measurement Systems GmbH.**  
**HORN**

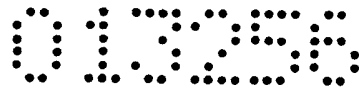
5

### **Patentansprüche.**

- 10 1. Scan-Einrichtung für ein optisches Scanning System bestehend aus einem Gehäuse, das eine gerätefeste Quelle für, insbes. impulsförmige, Laser Strahlung umschließt, ferner Strahl-Ablenkmittel, insbes. in Form eines Schwingspiegels, um Strahlen der Laser-Quelle abzulenken und einen
- 15 Objektraum rasterartig abzutasten, ferner mit einer Empfangseinrichtung für im Objektraum reflektierte Laserstrahlung und einer Auswerteeinrichtung, die aus der Laufzeit der Laserstrahlung Entfernungswerte ermittelt, die den jeweiligen Ablenkwinkeln zugeordnet sind, ferner mit ersten Lagern zur drehbaren Lagerung der genannten Strahl-Abtastmittel um eine erste
- 20 Drehachse und mit zweiten Lagern zur drehbaren Lagerung der genannten Strahl-Ablenkmittel um eine zweite Drehachse, die im Wesentlichen normal zur ersten Drehachse gerichtet ist und mit dieser einen Schnittpunkt definiert, weiters mit einem Fenster aus einem für die Laserstrahlung transparenten Material, welches das Gehäuse verschließt und durch welches die Sende-Laserstrahlen in den Objektraum austreten und im Objektraum
- 25 reflektierte Strahlen vorzugsweise durch das genannte Fenster wieder in das Gerät eintreten können,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- das Fenster (2) in an sich bekannter Weise sphärisch ausgebildet ist, wobei der Krümmungsmittelpunkt mit dem genannten Schnittpunkt der Drehachsen
- 30 (A1,A2) im Wesentlichen zusammenfällt und vorzugsweise Korrekturmittel (21) im Strahlengang der Laser-Strahlen (4, 4') vorgesehen sind, welche die optische Wirkung des gekrümmten Fensters (2) kompensieren.

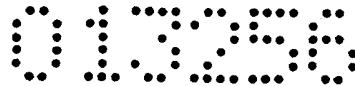


2. Scan-Einrichtung nach Patentanspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Gehäuse (1) ferner eine gerätefeste Empfangseinrichtung (17) umfasst,  
die von der Laserquelle (12) emittierte, von dem Strahl-Ablenkmittel (3)  
abgelenkte, durch das Fenster (2) ausgesandte Laserstrahlung (4) von einem  
5 im Gesichtsfeld befindlichen Objekt reflektiert wird und die durch das  
sphärisch gekrümmte Fenster (2) wieder in das Gehäuse (1) eintretende  
Laserstrahlung empfängt, wobei die reflektierten Strahlen (4'), bevorzugt  
von dem Strahl-Ablenkmittel (3) des Sendestrahles (4), abgelenkt und auf die  
10 gerätefeste Empfangseinrichtung (17) gerichtet werden.
3. Scan-Einrichtung nach Patentanspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Sendestrahlen (4) und die auf die Empfangseinrichtung (17) gerichteten,  
15 reflektierten Laserstrahlen (4') koaxial verlaufen, wobei zwischen dem  
Strahl-Ablenkmittel (3) und der Laserquelle (12) bzw. der  
Empfangseinrichtung (17) ein an sich bekannter Strahlenteiler (14,15) für  
die beiden Strahlen (4,4') vorgesehen ist.
- 20 4. Scan-Einrichtung nach Patentanspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Strahlenteiler aus einem Spiegel (14) mit einer zentralen Durchbrechung  
(15) besteht, durch welche einer der beiden Strahlen (4, 4'), vorzugsweise  
der Sendestrahle (4) durchtreten kann, während der andere Strahl (4') an der  
25 Spiegeloberfläche (14) reflektiert wird.
5. Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche mit  
einem Schwingenspiegel als Strahlableitmittel,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**



die optische Achse des auf den Schwingspiegel (3) gerichteten Sende-  
Laserstrahles (4) mit der ersten Drehachse (A1) des Schwingspiegels (3)  
zusammenfällt.

- 5
6. Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
im Strahlengang des Sendestrahles (4) und der im Objektraum reflektierten  
Strahlung (4') je ein optisches System (13 bzw. 16) vorgesehen ist, wobei  
zumindest in einem dieser Systeme ein Optik-Element mit positiver  
10 Brechkraft, beispielsweise eine Korrekturlinse, zur Kompensation der  
negativen Brechkraft des sphärischen Fensters vorgesehen ist, wobei  
gegebenenfalls bei einem koaxialen Sende- und Empfangsstrahl (4 und 4')  
die Kompensation durch eine einzige, gemeinsame Korrekturlinse (21)  
erfolgt, bzw. zumindest eines der beiden optischen Systeme (13, 16) unter  
15 Berücksichtigung des sphärischen Fensters ausgelegt oder zur  
Kompensation der Brechkraft des Fensters (2) entsprechend justiert ist.
7. Scan-Einrichtung nach Patentanspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
20 zur Kompensation der negativen Brechkraft des sphärischen Fensters (2)  
zumindest einer der im Strahlengang angeordneten Spiegel (3 bzw. 14,18),  
beispielsweise der Schwingspiegel (3) konkav gekrümmt ausgeführt ist.
8. Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
25 der Schwingspiegel (3) in einem U-förmigem Lagerbock (5) um die zweite  
Drehachse (A2) schwenkbar gelagert ist, der auf einem Drehteller (6)  
angeordnet ist, welcher mittels eines Elektromotors (M1), vorzugsweise  
eines Schrittmotors, um die erste Drehachse (A1) drehbar ist, wobei  
30 gegebenenfalls ein Winkeldecoder (11) zur Ermittlung der exakten



Ausrichtung des Schwingspiegels (3) um die erste Achse (A1) vorgesehen ist.

9. Scan-Einrichtung nach Patentanspruch 8,

5

**dadurch gekennzeichnet, dass**

der Schwingspiegel (3) durch einen am Lagerbock (5) angeordneten Drehmomentmotor (M2) mit begrenztem Drehwinkel um die zweite Achse (A2) schwenkbar ist, wobei gegebenenfalls zur Messung des vom Schwingspiegel tatsächlich erreichten Drehwinkels ein Winkeldecoder (11) vorgesehen ist.

10

10. Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Gehäuse (1) samt dem sphärischen Fenster (2) die Scanneinrichtung dicht, vorzugsweise gasdicht umschließt, wobei entsprechend dichte Durchführungen bzw. Durchführungsstecker (20, Fig. 2) für die elektrischen Leitungen und gegebenenfalls auch für Lichtleiter (32, Fig. 2) für die Laserstrahlen (4) vorgesehen sind.

15

20

11. Scan-Einrichtung nach Patentanspruch 10,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

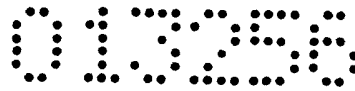
das gasdicht ausgeführte Gehäuse (1) mit einem inerten Gas, vorzugsweise mit getrocknetem Stickstoffgas gefüllt ist.

25

12. Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche ,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

in an sich bekannter Weise im Gehäuse-Inneren eine Heizung vorgesehen ist.



13. Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche 10 bis 12,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Gehäuse (1) in an sich bekannter Weise gegenüber der umgebenden Atmosphäre unter Überdruck steht, wobei vorzugsweise ein Sensor zu Überwachung des Druckes vorgesehen ist.

14. Scan-Einrichtung nach Patentanspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das sphärische Fenster (2) eine Wandstärke von max. 4 mm, vorzugsweise 1 bis 2,5 mm aufweist und vorzugsweise aus Kunststoff, insbes. aus Polymethylmethacrylat (PMMA oder Plexiglas) besteht.

15. Scan-Einrichtung nach Patentanspruch 1 oder 14,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das sphärische Fenster (2) insbes. an seiner Innenseite mit einem Antireflexbelag beschichtet ist, der auf die Wellenlänge der von der Laserquelle (12) emittierten Strahlung abgestimmt ist.

16. Scan-Einrichtung nach Patentanspruch 1, 14 oder 15,

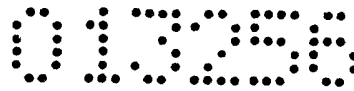
**dadurch gekennzeichnet, dass**

das sphärische Fenster (2) insbes. an seiner Außenseite mit einem harten, kratzfesten Belag, beispielsweise aus Siliziumoxyd beschichtet ist.

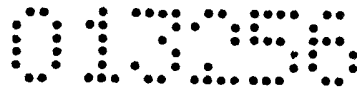
17. Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche 1 und 14 bis 16,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das sphärische Fenster (2) an seiner Außenseite mit einem Anti-Regenbelag beschichtet ist, um die Bildung eines Wasser- und gegebenenfalls eines Schmutz-Filmes bzw. von Tropfen zu vermeiden.



18. Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Auswerteeinrichtung (31) nur Entfernungswerte weiter verarbeitet, die  
deutlich größer als der Radius des sphärischen Fensters (2) sind.
19. Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Auswerteeinrichtung (31) die Amplituden der an dem sphärischen  
Fenster (2) reflektierten Strahlung als Maß für eine allfällige Verschmutzung  
desselben ermittelt und als Signal ausgibt.
20. Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
durch die Auswerteeinrichtung (31) oder einem nachgeordneten Computer  
aus den gemessenen Entfernungswerten und den zugeordneten  
Ablenkwinkeln in an sich bekannter Weise ein 3-D Bild bzw. Modell  
berechenbar ist.
21. Scan-Einrichtung nach einem der vorhergehenden Patentansprüche  
angewendet in Fluggeräten, wie in bemannten oder unbemannten  
Flächenflugzeugen oder Hubschraubern, wobei die Achse des Gesichtsfeldes  
der Scan-Einrichtung im Wesentlichen der Flugrichtung entspricht,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Daten der Auswerteeinrichtung (31) zusammen mit Daten des  
Fluggerätes, wie Position, Lage, Geschwindigkeit, Kurs, Steig- bzw.  
Sinkgeschwindigkeit einem Computer zuführbar sind, welcher aus diesen  
das Risiko einer Kollision mit einem im Gesichtsfeld der Scan-Einrichtung  
ermittelten ortsfesten oder bewegten Objekt berechnet und bei Feststellung

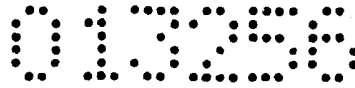


eines solchen Risikos ein Warnsignal auslöst bzw. ein entsprechendes Ausweichmanöver einleitet.

5

Horn, am 21. 11.2007

**RIEGL**  
**Laser Measurement Systems GmbH**



**RIEGL**  
Laser Measurement Systems GmbH.  
HORN

**Fig. 1**

5

10

15

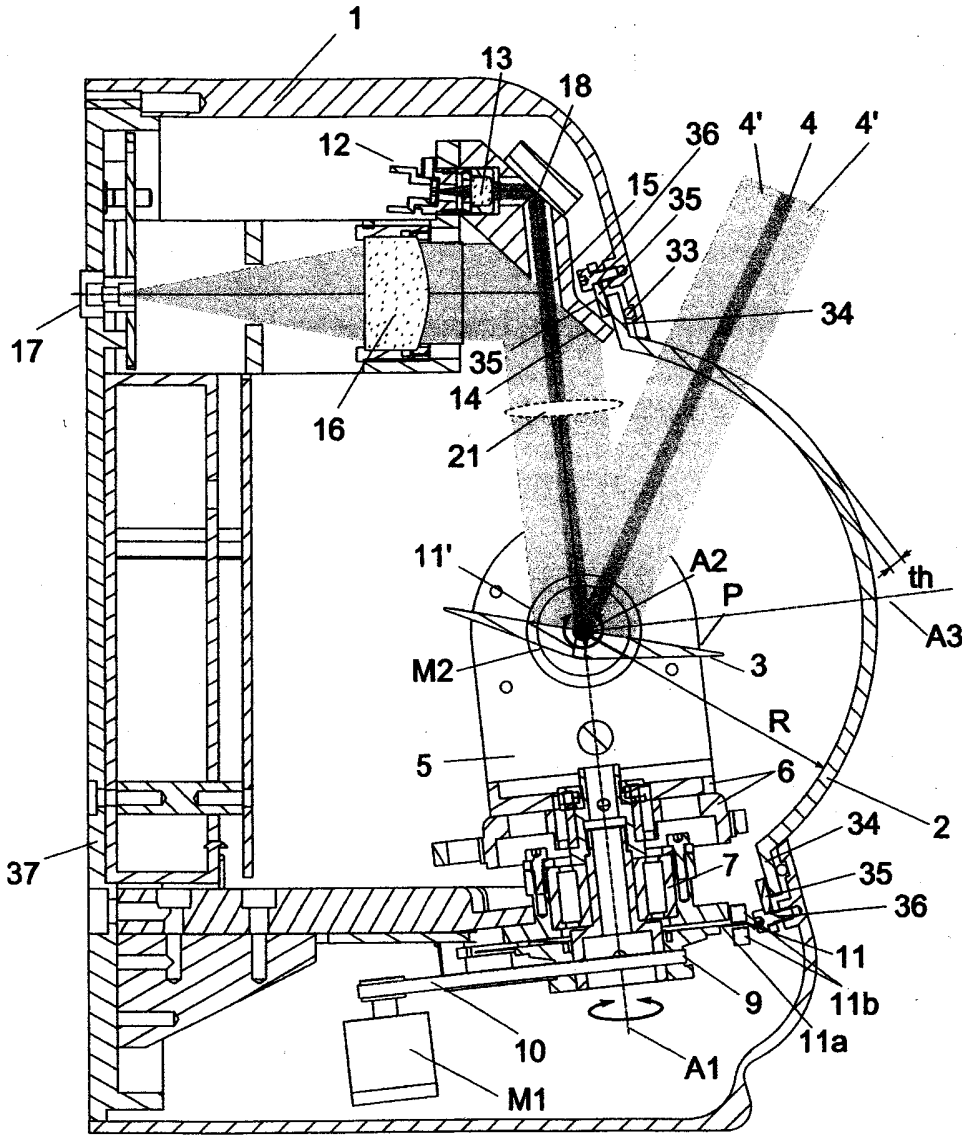
20

25

30

35

40

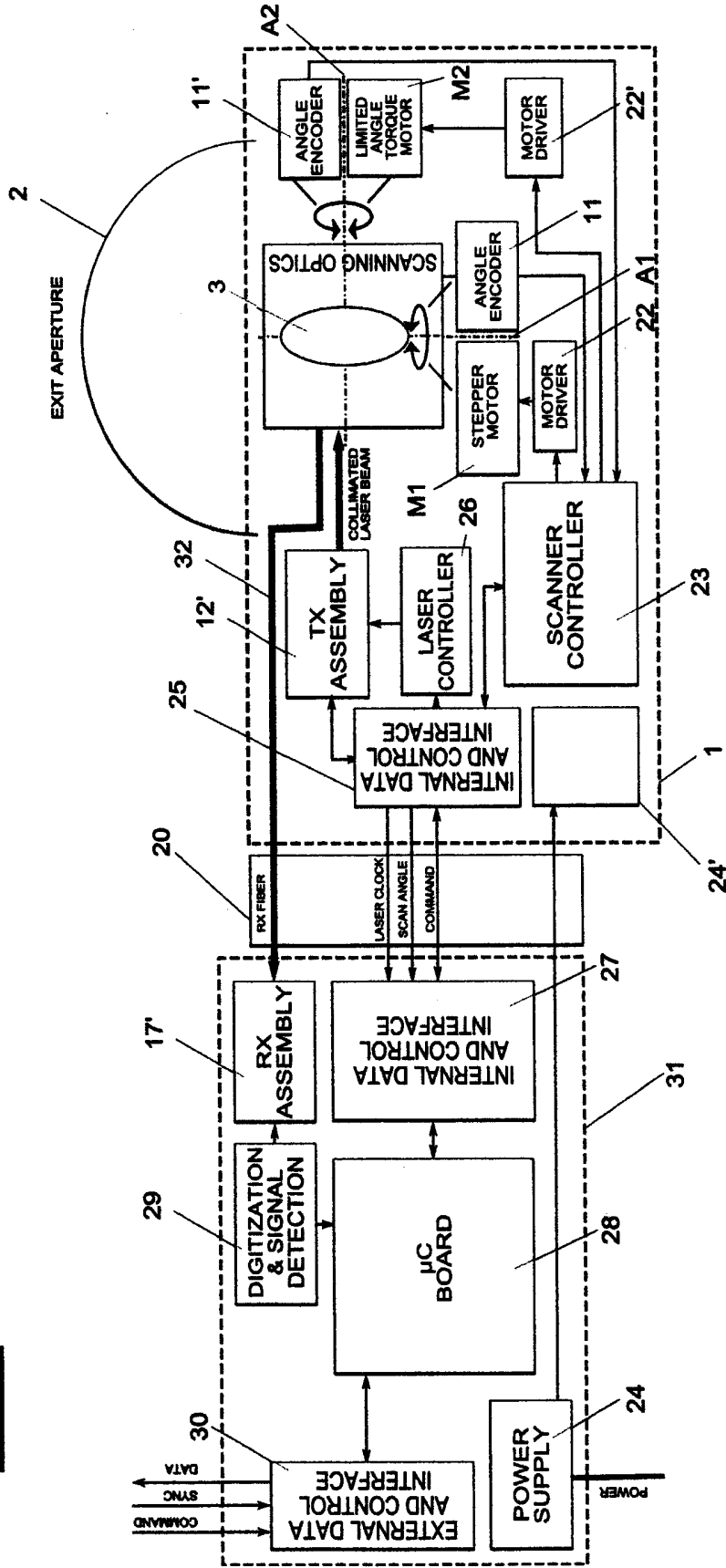


Horn, am 21.11.2007

45

**RIEGL**  
Laser Measurement Systems GmbH

Fig. 2



RIEGL