

(12)

Patentschrift

(21)

Anmeldenummer:

A 50693/2017

(22)

Anmeldetag:

21.08.2017

(45)

Veröffentlicht am:

15.03.2021

(51)

Int. Cl.:

G09B 9/05

G09B 9/30

(2006.01)

(2006.01)

(56) Entgegenhaltungen: WO 2011049025 A1 US 2010027093 A1	(73) Patentinhaber: Herrele Thomas Ing. MEng. 2482 Münchendorf (AT) (74) Vertreter: Wildhack & Jellinek Patentanwälte OG 1030 Wien (AT)
---	---

(54)

Darstellungseinheit zur visuellen Darstellung einer virtuellen Umgebung im Rahmen einer Simulation

(57) Die Erfindung betrifft eine Darstellungseinheit (10) zur visuellen Darstellung einer virtuellen Umgebung im Rahmen einer Simulation für einen Benutzer mit einem vorgegebenen Blickpunkt (6), umfassend eine Anzeigeeinheit (1) umfassend zumindest einen rotierbar gelagerten Trägerkörper (11) mit Anzeigeelementen (12) und eine Antriebseinheit (13), eine Bilderzeugungseinheit (2), die dazu ausgebildet ist, für jedes der Anzeigeelemente (12) abhängig von der Rotationsposition zu ermitteln, aus welcher Raumrichtung das vom jeweiligen Anzeigeelement (12) ausgehende Licht auf den Blickpunkt (6) einstrahlt, und die Anzeigeelemente (12) derart anzusteuern, dass ausgehend vom festgelegten Blickpunkt (6) des Benutzers im Sichtbereich eine Darstellung einer virtuellen Umgebung sichtbar ist. Dabei ist ein in Blickrichtung angeordnetes Spiegelement (3) vorgesehen, das über einen Teil seines Umfangs einen im wesentlichen rotationssymmetrischen Verlauf aufweist und konvex ausgebildet ist, und das dazu ausgebildet ist, Licht auf den festgelegten Blickpunkt (6) zu fokussieren, und wobei die Anzeigeeinheit (1) dazu ausgebildet ist, ein Bild zu erzeugen, das über das Spiegelement (12) in den Blickpunkt (6) reflektiert wird.

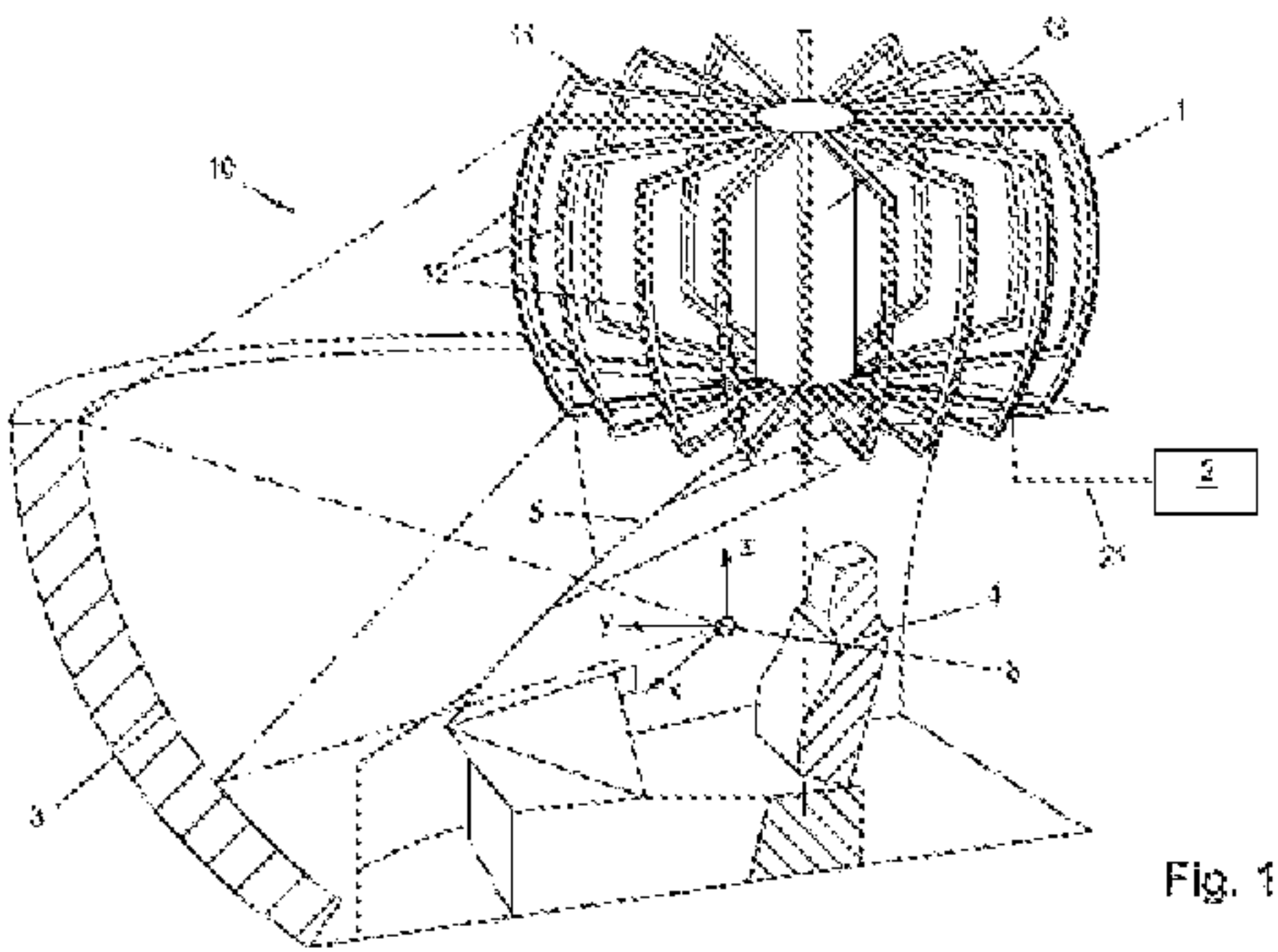


Fig. 1

Beschreibung

DARSTELLUNGSEINHEIT ZUR VISUELLEN DARSTELLUNG EINER VIRTUELLEN UMGEBUNG IM RAHMEN EINER SIMULATION

[0001] Die Erfindung betrifft eine Darstellungseinheit gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Systeme zur visuellen Darstellung einer virtuellen Umgebung im Rahmen einer Simulation bekannt.

[0003] Bei Direktprojektionssystemen wird das Bild meist mittels eines Projektors auf einer Projektionsfläche dargestellt, wobei der Betrachter auf die Projektionsfläche blickt und das Auge des Betrachters auf die Distanz zur Projektionsfläche fokussiert. Nachteil an derartigen Systemen ist, dass das Auge keinen Wechsel von der Nah- auf die Fern-Fokussierung vollziehen muss, wenn der Pilot vom Instrumentenbrett nach außen blickt. Die WO 2011049025 A1 zeigt eine Anzeigevorrichtung zur dreidimensionalen Darstellung von Videos mit rotierbaren LED-Arrays, die jeweils in Spalten Pixelgruppen für das linke Auge und Pixelgruppen für das rechte Auge anzeigen. D2 zeigt eine Weitwinkel-Darstellungseinheit bei der Lichtstrahlen von einem linearen Pixelarray erzeugt, über einen Scanner auf eine kuppelförmige reflektierende Oberfläche gerichtet und von dieser reflektierenden Oberfläche für einen Betrachter, der sich im Weitwinkel-Darstellungssystem befindet, kollimiert werden.

[0004] Bei kollimierten Systemen werden Bilder mittels Projektoren und einer Projektionswand auf einen Kollimationsspiegel projiziert, sodass die Lichtstrahlen parallel auf den Betrachter treffen und somit das Auge auf „unendlich“ fokussieren. Dadurch wird der Parallaxenfehler zwischen Pilot und Co-Pilot reduziert und die unterschiedliche Augenfokussierung zwischen Nah- und Fernbereich simuliert. Nachteil ist allerdings, dass zusätzliche Software zur Durchführung von Edge Blending und Image Warping notwendig ist, um mit mehreren Projektoren ein durchgehend gleich helles und verzerrungsfreies Bild auf einer sphärischen Projektionsfläche zu erzeugen.

[0005] Weitere Nachteile der aus dem Stand der Technik bekannten Systeme sind, dass die meisten Projektoren aufgrund deren Konstruktion kein vollkommen schwarzes Bild darstellen können und die Lichtstärke aufgrund der Leistung der Leuchtmittel beschränkt ist. Somit ergeben sich relativ geringe Kontrastwerte bei der Darstellung der Außensicht unter Tageslichtbedingungen. Weiters ist zur Simulation verschiedener Sichtbereiche beispielsweise in Hubschraubersimulatoren eine aufwendige Anordnung einer Vielzahl von Projektoren notwendig.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es daher, diesbezüglich Abhilfe zu schaffen und eine Darstellungseinheit zur Verfügung zu stellen, die einfach aufgebaut ist, ohne zusätzliche Projektionsbearbeitungsschritte wie Edge Blending auskommt und hinsichtlich Lichtstärke, Kontrast und Winkelauflösung eine realistische Simulation der Außensicht ermöglicht.

[0007] Diese Ziele werden mit den kennzeichnenden Merkmalen des Kennzeichens des Anspruchs 1 erreicht. Bei einer Darstellungseinheit zur visuellen Darstellung einer virtuellen Umgebung im Rahmen einer Simulation für einen Benutzer mit einem vorgegebenen Blickpunkt, einer vorgegebenen Blickrichtung und einem vorgegebenen Sichtbereich umfassend:

[0008] - eine Anzeigeeinheit umfassend zumindest einen rotierbar gelagerten Trägerkörper mit Anzeigeelementen und eine Antriebseinheit, die dazu ausgebildet ist, den Trägerkörper um die vorgegebene Rotationsachse zu rotieren, und

[0009] - eine Bilderzeugungseinheit, die dazu ausgebildet ist, für jedes der Anzeigeelemente abhängig von der Rotationsposition zu ermitteln, aus welcher Raumrichtung das vom jeweiligen Anzeigeelement ausgehende Licht auf den Blickpunkt einstrahlt, und die Anzeigeelemente abhängig von der Rotationsposition des rotierbar gelagerten Trägerkörpers sowie von der für das jeweilige Anzeigeelement ermittelte Raumrichtung derart anzu steuern, dass ausgehend vom festgelegten Blickpunkt des Benutzers im Sichtbereich eine Darstellung einer virtuellen Umgebung sichtbar ist, ist erfindungsgemäß ein in Blick-

richtung angeordnetes Spiegelement vorgesehen, wobei das Spiegelement über einen Teil seines Umfangs einen im wesentlichen rotationssymmetrischen Verlauf um eine vorgegebene Rotationsachse aufweist und im Bezug auf die vorgegebene Rotationsachse konvex ausgebildet ist, und wobei das Spiegelement dazu ausgebildet ist, Licht auf den festgelegten Blickpunkt zu fokussieren, wobei die Anzeigeeinheit dazu ausgebildet ist, ein Bild zu erzeugen, das über das Spiegelement in den Blickpunkt reflektiert wird.

[0010] Da bei einer derartigen Darstellungseinheit keine Projektoren notwendig sind, entfällt ein Edge Blending vollständig. Weiters kann auf diese Weise ein einfacher Simulatorenbau bereitgestellt werden, der insbesondere für die Simulation von zivilen Flugzeugen oder Verkehrsflugzeugen geeignet ist.

[0011] Ein konstruktiv einfach aufgebautes Spiegelement bzw. ein einfach aufgebauter Trägerkörper kann bereitgestellt werden, indem die Form des Spiegelements als Ausschnitt aus einer Kugelfläche ausgestaltet ist und/oder dass der Rotationskörper entlang dessen die an der Oberfläche des Trägerkörpers angeordneten Anzeigeelemente im Zuge der Rotationsbewegung streichen, eine Kugel ist.

[0012] Um für den Benutzer der Simulation ausgehend vom festgelegten Blickpunkt einen möglichst großen vertikalen Sichtbereich einsehbar zu machen, kann vorgesehen sein, dass das Spiegelement derart gewählt ist, dass der Sichtbereich ausgehend vom vorgegebenen Blickpunkt eine Vertikalsicht von 60° einschließt, insbesondere, dass der Sichtbereich derart festgelegt ist, dass im vorgegebenen Blickpunkt einfallende Lichtstrahlen im Bezug zu einer durch die Blickrichtung vorgegebenen Achse einen Einfallswinkel von 30° nicht überschreitet.

[0013] Bei einer vorteilhaften geometrisch einfachen Ausgestaltung des rotierbar gelagerten Trägerkörpers, die eine numerisch einfache Ermittlung der virtuellen Umgebung ermöglicht, kann vorgesehen sein, dass der Rotationskörper entlang dessen die an der Oberfläche des Trägerkörpers angeordneten Anzeigeelemente im Zuge der Rotationsbewegung streichen ein Teil einer Kugel ist, insbesondere, dass der Rotationskörper eine Kugelschicht ist, wobei ausgehend von der horizontalen Symmetrieebene der Vollkugel, welcher die Kugelschicht entnommen ist, ein Winkel von 22° nach oben und ein Winkel von 35° nach unten eingeschlossen ist.

[0014] Um für den Benutzer der Simulation ausgehend vom festgelegten Blickpunkt einen möglichst großen horizontalen Sichtbereich einsehbar zu machen, kann vorgesehen sein, dass das Spiegelement derart gewählt ist, dass der Sichtbereich eine Horizontalsicht von 220° einschließt, insbesondere, dass ausgehend von einer durch den vorgegebenen Blickpunkt in Blickrichtung verlaufenden Achse ein horizontaler Teilsichtbereich von jeweils 110° gemessen im Uhrzeigersinn und 110° gemessen gegen den Uhrzeigersinn eingeschlossen ist.

[0015] Um eine maximale Auflösung bei gleichzeitig geringem konstruktivem Aufwand zu erzielen, kann vorgesehen sein, dass die vom Trägerkörper vollzogene Rotationsbewegung eine Rotationsgeschwindigkeit von $1150^\circ/\text{s}$ und/oder eine Tangentialgeschwindigkeit von 35 m/s nicht überschreitet.

[0016] Um eine Rotation der Bilderzeugungseinheit zu vermeiden, sieht eine vorteilhafte Ausführungsform der Darstellungseinheit vor, dass die Bilderzeugungseinheit außerhalb der Anzeigeeinheit angebracht ist und dass für die Übertragung von Informationen zur Ansteuerung der auf dem Trägerkörper angebrachten Anzeigeelemente durch die Bilderzeugungseinheit zumindest ein den Trägerkörper und die Bilderzeugungseinheit verbindender Lichtwellenleiter vorgesehen ist.

[0017] Eine alternative Ausführungsform der Darstellungseinheit, bei der zur Kühlung der Bilderzeugungseinheit vorteilhafterweise kein Lüfter benötigt wird, sieht vor, dass die Bilderzeugungseinheit innerhalb der Anzeigeeinheit angebracht ist und dass zur Ansteuerung der auf dem Trägerkörper angebrachten Anzeigeelemente durch die Bilderzeugungseinheit eine drahtlose Datenverbindung vorgesehen ist, wobei insbesondere vorgesehen ist, die Ansaugung von Luft ins Innere des vom Trägerkörper umstrichenen Rotationskörpers im Zuge der Rotationsbewegung

des Trägerkörpers zur Kühlung der Bilderzeugungseinheit zu verwenden.

[0018] Um eine realistische Flugsituation simulieren zu können, kann vorgesehen sein, dass der Blickpunkt in Bezug auf eine Sitzgelegenheit für einen Benutzer vorgegeben ist, wobei die Sitzgelegenheit in einer, insbesondere als Cockpit eines Luftfahrzeugs ausgestalteten, Kabine angebracht ist und dass die Anzeigeeinheit oberhalb der Kabine angeordnet ist.

[0019] Um sicherzustellen, dass die Darstellungseinheit im festgelegten Blickpunkt eine Darstellung einer virtuellen Umgebung für einen Benutzer sichtbar darstellt, kann vorgesehen sein, dass der Mittelpunkt der Kugelfläche, als Ausschnitt derer die Form des Spiegelements ausgestaltet ist, in vertikaler Richtung oberhalb der Kabine liegt.

[0020] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und den beiliegenden Zeichnungen.

[0021] Die Erfindung ist im Folgenden anhand von besonders vorteilhaften, aber nicht einschränkend zu verstehenden Ausführungsbeispielen in den Zeichnungen schematisch dargestellt und wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beispielhaft beschrieben:

[0022] Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Darstellungseinheit. Fig. 2 zeigt den horizontalen Sichtbereich im Ausführungsbeispiel. Fig. 3 zeigt den vertikalen Sichtbereich im Ausführungsbeispiel.

[0023] In Fig. 1 ist eine schematische Abbildung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Darstellungseinheit 10 zur visuellen Darstellung einer virtuellen Umgebung im Rahmen einer Simulation dargestellt. Die gezeigte Darstellungseinheit 10 umfasst im Ausführungsbeispiel eine Anzeigeeinheit 1, eine Bilderzeugungseinheit 2, ein Spiegelement 3 und eine Sitzgelegenheit 4, welche in einer Kabine 5, die als Cockpit eines Flugzeugs ausgestaltet ist, angeordnet ist.

[0024] Ein Blickpunkt 6 ist für einen Benutzer der Simulation in Bezug zur Sitzgelegenheit 4 etwa an derjenigen Position definiert, an der sich typischerweise die Augen des auf der Sitzgelegenheit 4 sitzenden Simulationspiloten befinden. Ausgehend vom Blickpunkt 6 ist eine Blickrichtung für den Benutzer festgelegt; das Spiegelement 3 ist ausgehend vom Blickpunkt 6 in Blickrichtung angeordnet und größtenteils sichtbar, wobei gegebenenfalls nicht durchsichtige Teile der Kabine 5 des Simulationscockpits die Sicht auf das Spiegelement 3 verdecken können. Das Spiegelement 3 weist über einen Teil seines Umfangs einen im wesentlichen rotationssymmetrischen Verlauf um eine vorgegebene Rotationsachse auf und ist im Bezug auf die vorgegebene Rotationsachse konvex ausgebildet. Das Spiegelement 3 ist im Ausführungsbeispiel als Ausschnitt aus einer Kugelfläche ausgestaltet und so ausgebildet, dass es Licht auf den festgelegten Blickpunkt 6 fokussiert. Als Spiegelement 3 kommen herkömmliche Spiegel in Frage, aber auch beispielsweise mit Aluminium bedampfte, reflektierende Kunststoffolie, die durch Unterdruck in eine Kammer gesaugt und dadurch in eine gewünschte Form gebracht wird.

[0025] Weiters ist ausgehend von einer in Blickrichtung horizontal durch den Blickpunkt 6 verlaufenden Achse für den Benutzer ein Sichtbereich in vertikaler und horizontaler Richtung vorgegeben. In Fig. 2 ist der im Ausführungsbeispiel abgedeckte horizontale Sichtbereich ausgehend vom Blickpunkt 6 skizziert. Ausgehend von einer durch den Blickpunkt 6 in Blickrichtung verlaufenden Achse ist ein horizontaler Teilsichtbereich von jeweils 110° gemessen im Uhrzeigersinn und 110° gemessen gegen den Uhrzeigersinn eingeschlossen, sodass eine Horizontalsicht von 220° für den Benutzer der Simulation sichergestellt ist.

[0026] In Fig. 3 ist der im Ausführungsbeispiel abgedeckte vertikale Sichtbereich ausgehend vom Blickpunkt 6 skizziert. Der Sichtbereich ist im Bezug zu einer durch die Blickrichtung vorgegebenen Achse durch den Blickpunkt 6 derart festgelegt, dass im Blickpunkt 6 einfallende Lichtstrahlen einen Einfallswinkel von 30° nicht überschreitet. Somit wird für den Benutzer eine Vertikalsicht von 60° ermöglicht.

[0027] Die Anzeigeeinheit 1 umfasst im Ausführungsbeispiel sechzehn rotierbar gelagerte Trägerkörper 11 auf denen Anzeigeelemente 12 angebracht sind, sowie weiters eine Antriebseinheit 13, die dazu ausgebildet ist, den Trägerkörper 11 um die vorgegebene Rotationsachse zu rotie-

ren.

[0028] Zur Steuerung der Rotationsgeschwindigkeit der Trägerkörper 11 wird im Ausführungsbeispiel ein Synchron-Drehstrommotor als Antriebseinheit 13 verwendet, der mittels eines Frequenzumrichters die Drehzahl steuert.

[0029] Die Trägerkörper 11 sind so ausgestaltet, sodass sie sich während der Rotationsbewegung nicht verformen, und keine Verschiebung der Trägerkörper 11 gegeneinander stattfindet. Die von den einzelnen Trägerkörpern 11 umstrichene Rotationsfläche ist für alle Trägerkörper 11 gleich. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Trägerkörper 11 auch untereinander gleich ausgebildet und die Anzeigeelemente 12 sind auf den einzelnen Trägerkörpern 11 gleichartig angeordnet. Insbesondere sind auf jedem der Trägerkörper 11 jeweils gleich viele Anzeigeelemente 12 angeordnet.

[0030] Als Anzeigeelemente 12 kommen beispielsweise Leuchtdioden in Frage, welche an der dem Spiegelement 3 zugewandten Seite der Trägerkörper 11 angebracht sind. Die Anzeigeelemente 12 strahlen Licht ab, das im Spiegelement 3 reflektiert und im Blickpunkt 6 fokussiert wird. Im Zuge der Rotationsbewegung überstreichen die an der Oberfläche der Trägerkörper 11 angeordneten Anzeigeelemente 12 einen Rotationskörper, der im Ausführungsbeispiel eine Kugelschicht ist. Dabei erstreckt sich die Kugelschicht ausgehend von der Symmetrieebene der Vollkugel, der die Kugelschicht entnommen ist, symmetrisch vertikal nach oben und nach unten.

[0031] Es kann alternativ vorgesehen sein, dass die Kugelschicht derart ausgestaltet ist, dass sie sich ausgehend von der Symmetrieebene der Vollkugel vertikal nach oben und unten erstreckt und bei Betrachtung als Schnittdarstellung durch die Kugelschicht eine Verbindungslinie zwischen dem oberen Deckkreis und dem Kugelmittelpunkt mit der Symmetrieebene der Vollkugel, der die Kugelschicht entnommen ist, einen Winkel von 22° einschließt und eine Verbindungslinie zwischen dem unteren Deckkreis und dem Kugelmittelpunkt mit der Symmetrieebene der Vollkugel einen Winkel von 35° einschließt.

[0032] Der Trägerkörper 11 kann jedoch auch eine andere Form aufweisen, beispielsweise derart, dass die Anzeigeelemente 12 im Zuge der Rotationsbewegung an einem kegelstumpfförmigen Rotationskörper entlang streichen. In dieser Alternative ist der Rotationskörper oberhalb des Simulationscockpits angeordnet und verjüngt sich nach unten hin.

[0033] Im Ausführungsbeispiel entspricht die Rotationsachse der rotierbar gelagerten Trägerkörper 11 der Rotationsachse des rotationssymmetrischen Spiegelements 3. Dies ist jedoch keinesfalls zwingend. Ebenso ist es nicht zwingend, dass der Blickpunkt 6 auf der Rotationsachse des Spiegelements 3 oder des Rotationskörpers der Anzeigeeinheit 1 liegt.

[0034] Der Mittelpunkt des Kugelflächenausschnitts des Spiegelements 3 liegt im Ausführungsbeispiel der Erfindung niedriger auf der Rotationsachse, als der Volumenschwerpunkt des von den Anzeigeelementen 12 umstrichenen Rotationskörpers. Diese Anordnung ist im gezeigten Ausführungsbeispiel besonders vorteilhaft, da die Anzeigeeinheit 1 auf der Kabine 5 angeordnet werden kann und sich gleichzeitig außerhalb des Sichtbereichs des Benutzers befindet.

[0035] Die Bilderzeugungseinheit 2 befindet sich im Ausführungsbeispiel außerhalb der Anzeigeeinheit 1 und ist über einen Lichtwellenleiter 21 mit den Trägerkörpern 11 verbunden. Die über den Lichtwellenleiter 21 übertragenen Daten werden in elektrische Signale umgewandelt und an die einzelnen Anzeigeelemente 12 übertragen.

[0036] Die Bilderzeugungseinheit 2 ist dazu ausgebildet, für jedes der Anzeigeelemente 12 die Rotationsposition und Rotationsgeschwindigkeit beispielsweise mittels eines Positions- oder Rotationssensors während der Rotationsbewegung zu ermitteln und abhängig von der Rotationsposition zu bestimmen, aus welcher Raumrichtung das vom jeweiligen Anzeigeelement 12 ausgehende und über das Spiegelement 3 reflektierte Licht auf den Blickpunkt 6 einstrahlt. Abhängig von der Rotationsposition der rotierbar gelagerten Trägerkörper 11 sowie der für das jeweilige Anzeigeelement 12 ermittelte Raumrichtung steuert die Bilderzeugungseinheit 2 die Anzeigeelemente 12 derart an, dass ausgehend vom festgelegten Blickpunkt 6 des Benutzers im Sichtbe-

reich eine Darstellung einer virtuellen Umgebung sichtbar ist.

[0037] Dabei wird für jedes Anzeigeelement 12 separat ermittelt, aus welcher Raumrichtung das von ihm abgegebene Licht auf den Blickpunkt 6 einstrahlt. Auf Grundlage dieser Raumrichtung wird anschließend ermittelt, mit welcher Intensität Licht in der virtuellen Umgebung aus dieser Raumrichtung auf die virtuelle Betrachterposition bei einer vorgegebenen virtuellen Betrachterblickrichtung einstrahlt, wobei für jede Raumrichtung bzw. jedes Anzeigeelement 12 jeweils drei Helligkeitswerte für Rot, Grün und Blau ermittelt werden. Zu beachten ist, dass sich die virtuelle Betrachterposition sowie die virtuelle Betrachterblickrichtung aufgrund der fortlaufenden Simulation ständig ändern.

[0038] Aufgrund der Rotationsstellung der einzelnen Trägerkörper stehen nicht alle Anzeigeelemente 12 zur Verfügung bzw. wird nur das Licht eines Teils der Anzeigeelemente 12 auf den Blickpunkt 6 projiziert und ist für den Simulationspiloten sichtbar. Die übrigen Anzeigeelemente 12 können, solange ihr Licht für den Simulationspiloten nicht sichtbar ist, deaktiviert werden.

[0039] Die Raumrichtung eines Anzeigeelements 12 wird im Ausführungsbeispiel über Polarwinkel und Azimut-Position festgelegt. Zur Festlegung von Polar- und Azimut-Position dient ein dreidimensionales Koordinatensystem, bei dem der Blickpunkt 6 als Ursprung festgelegt ist. Die z-Achse des Koordinatensystems ist im Ausführungsbeispiel parallel zur vorgegebenen Rotationsachse vorgegeben, die y-Achse zeigt in Richtung der vorgegebenen Blickrichtung und die x-Achse schließt mit der y- und der z-Achse jeweils einen rechten Winkel ein.

[0040] Als Polarwinkel wird der Winkel zwischen der x,y-Ebene und der Raumrichtung festgelegt. Für jedes der Anzeigeelemente 12 ist die Position, an der es auf dem Trägerkörper 11 angebracht ist, bekannt, sodass in der vorliegenden Konfiguration auch der Polarwinkel, unter dem das vom jeweiligen Anzeigeelement 12 ausgehende und über das Spiegelement 3 reflektierte Licht auf den Blickpunkt 6 einstrahlt, bekannt ist.

[0041] Die Azimut-Position wird durch den Winkel festgelegt, den der Projektionsvektor des auf die x,y-Ebene projizierten Raumrichtungsvektors zu einem vorgegebenen Referenzvektor, beispielsweise dem Blickrichtungsvektor einnimmt. Im vorliegenden Fall kann der Azimutwinkel oder die Azimut-Position anhand der Rotationsposition des betreffenden, das Anzeigeelement 12 tragenden, Trägerkörpers 11 ermittelt werden.

[0042] Bei der Rotationsbewegung der Anzeigeeinheit 1 bewegen sich die Anzeigeelemente 12 jeweils in einer zur x,y-Ebene parallelen Ebene, sodass jeder Position der Trägerkörper 11 im Bezug auf die Koordinatenachsen und den Ursprung ein Winkelwert zugeordnet werden kann.

[0043] Ausgehend von Polarwinkel und Azimut-Position des jeweiligen Anzeigeelements 12 ermittelt die Bilderzeugungseinheit 2 Farbe und Intensität von Lichtstrahlen, die bei einer ermittelten oder festgelegten Rotationsgeschwindigkeit erforderlich sind, um ausgehend vom festgelegten Blickpunkt 6 im vorgegebenen Sichtbereich eine virtuelle Umgebung darzustellen, wenn die Lichtstrahlen in einer vorgegebenen Richtung auf den Blickpunkt 6 einstrahlen.

[0044] Die Bildwiederholrate kann durch eine größere Anzahl an Trägerkörpern 11 erhöht werden, sodass eine Frequenz von 120 Hz erreichbar ist. Um eine Ultra-HD-Auflösung von 4096 x 2160 Bildpunkten mit einer Bildpunktgröße von 1,5 Winkelminuten nahe an der Wahrnehmungsgrenze des menschlichen Auges für bewegte Bilder zu erzielen, sind für eine Horizontalsicht von 210° und Vertikalsicht von 60° zwei Sichtsystemkanäle in Ultra-HD-Auflösung erforderlich, um ein Bild in hinreichend höher Auflösung zu projizieren.

[0045] Die resultierenden Bildpunkte in Umlaufrechnung betragen bei zwei Sichtsystemkanälen mit je 4096 Bildpunkten insgesamt 8192 Bildpunkte und in radialer Richtung der Trägerkörper 11 beträgt die Auflösung 2160 Bildpunkte.

[0046] Die maximale Bildauflösung bzw. die Größe der Bildpunkte, die dargestellt werden können, wird in vertikaler Richtung durch die minimale Baugröße der Anzeigeelemente 12 und in horizontaler Richtung durch die Tangentialgeschwindigkeit an der überstrichenen Kugelfläche begrenzt. Werden beispielsweise Einfarben-Leuchtdioden mit einer Größe von 0,35 x 0,65 mm

als Anzeigeelemente 12 in vertikaler Richtung an einem Trägerkörper 11 aneinandergereiht, ergibt sich bei einem Radius der Trägerkörper 11 von 800 mm eine Winkelauflösung in vertikaler Richtung von 1,53 Winkelminuten.

[0047] Da der Radius der Trägerkörper 11 in direkter Relation zum Radius des Spiegelements 3 steht und größer auszulegen ist, je größer der Radius des Spiegelements 3 ist, können im Falle eines größeren Radius des Trägerkörpers 11 auch größere Anzeigeelemente 12 verwendet werden.

[0048] Im Ausführungsbeispiel ist die Rotationsgeschwindigkeit der vom Trägerkörper 11 vollzogenen Rotationsbewegung geringer als 1150°/s und/oder die Tangentialgeschwindigkeit geringer als 35 m/s. Diese Wahl der Geschwindigkeiten bedingt, dass die Zeitimpulse zur Ansteuerung der Anzeigeelemente 12 an derselben Azimut-Position bei jedem Umlauf ausreichend lang ist, um eine Darstellung der virtuellen Umgebung mit ausreichender Genauigkeit zu gewährleisten.

[0049] Bei Verwendung von Leuchtdioden als Anzeigeelemente 12 liegt deren Reaktionszeit im einstelligen ns-Bereich. Unter Berücksichtigung von Zeitverzögerungen durch elektronische Bauteile ist eine gesteuerte Pulslänge der Anzeigeelemente 12 von 4 µs möglich, was eine Lichtimpulstaktung von 250 kHz ermöglicht.

[0050] Nach jedem Lichtimpuls wird eine Pause von 0,8 µs, was 1250 kHz entspricht, berücksichtigt, bevor der nächste Lichtimpuls erfolgt. Bei Festlegung der maximalen Tangentialgeschwindigkeit mit 35 m/s ergibt sich eine Bildpunktlänge von 0,175 mm, wobei diese Bildpunktlänge einem Lichtimpuls samt nachfolgender Pause entspricht.

[0051] Für einen Radius der Trägerkörper 11 von 800 mm ergibt sich eine geringste Bildpunktlänge in horizontaler Richtung von 16,8 mm, was einer Winkelauflösung von 0,72 Winkelminuten entspricht. Um eine Vorgabe von 1,5 Winkelminuten zu erreichen, kann bei Vergrößerung des Radius der Trägerkörper 11 und geringerer Rotationsgeschwindigkeit die Pulslänge eines Lichtpulses verlängert werden.

[0052] Da ein Anzeigeelement 12, bzw. eine Leuchtdiode, zur Darstellung eines schwarzen Bildpunkts komplett ausgeschaltet bleibt und daher kein Licht emittiert, kann der Kontrast der Darstellung im Vergleich zu bekannten Systemen wesentlich verbessert werden.

[0053] Die Bilderzeugungseinheit 2 steuert über den Lichtwellenleiter 21 zu jedem Zeitpunkt während der Rotationsbewegung jedes Anzeigeelement 12 ausgehend von dessen eingenommenem Polarwinkel und von dessen eingenommener Azimut-Position an, Lichtstrahlen mit der ermittelten erforderlichen Farbe und Intensität abzustrahlen, welche vom Spiegelement 3 reflektiert und auf den Blickpunkt 6 fokussiert werden und derart ausgehend vom Blickpunkt 6 für den Benutzer im vorgegebenen Sichtbereich eine Darstellung einer virtuellen Umgebung sichtbar ist.

[0054] Um die erforderlichen großen Datenmengen von bis zu mehreren GB/s auf die Anzeigeeinheit 1 zu übertragen, werden bis zu sechs Lichtwellenleiter 21 mit mehreren Kanälen verwendet, mittels derer bis zu 6 GB/s übertragen werden können.

[0055] Da die Bildpunkte nahe am Spiegelement 3 erzeugt werden und die Lichtstrahlen keine optischen Elemente wie beispielsweise Linsen oder eine Rückprojektionswand durchlaufen, kann mit einer erfindungsgemäßen Darstellungseinheit 10 eine wesentlich höhere Bildhelligkeit erzielt werden.

[0056] Unter Annahme einer mittleren Leuchtdichte von 35 mcd für ein Anzeigeelement 12, 60 Lichtimpulsen mit einer Länge von 22,8 µs pro Sekunde und einer Leuchtdauer von 1368 µs ergibt sich eine effektive Lichtstärke von 0,2066 mcd für ein Anzeigeelement 12. Bei einer benötigten Fläche von 0,72x0,72 mm Anzeigeelement 12 zur Anzeige von drei Farben ergibt sich eine Leuchtdichte von 398 cd/m² an der Anzeigeeinheit 1.

[0057] Da das Spiegelement 3 einen größeren Radius als die Anzeigeeinheit 1 besitzt, ist bei gleichem Raumwinkel die Kugelfläche am Spiegelement 3 größer als an der Anzeigeeinheit 1, sodass ein Aufweitungsfaktor zur Berechnung der Leuchtdichte am Spiegelement 3 erforderlich ist.

[0058] Für einen Radius der Trägerkörper 11 von 1800 mm mit einer abstrahlenden Kugelausschnittsfläche von $0,5 \text{ m}^2$ und einem Radius von 3450 mm für das Spiegelement 3 ergeben sich beispielsweise ein Raumwinkel von $0,15432 \text{ sr}$ und eine Fläche von $1,83 \text{ m}^2$ am Spiegelement 3. Der Aufweitungsfaktor ist somit $0,2722$. Durch Multiplikation der Leuchtdichte von 398 cd/m^2 mit dem Aufweitungsfaktor berechnet sich eine Leuchtdichte am Spiegelement 3 von 109 cd/m^2 . Da ein Spiegelement 3 im sichtbaren Bereich etwa 95 % des einfallenden Lichts reflektiert, ergibt sich eine Leuchtdichte von 98 cd/m^2 am Spiegelement 3, die vom Benutzer der Simulation wahrgenommen wird.

Patentansprüche

1. Darstellungseinheit (10) zur visuellen Darstellung einer virtuellen Umgebung im Rahmen einer Simulation für einen Benutzer mit einem vorgegebenen Blickpunkt (6), einer vorgegebenen Blickrichtung und einem vorgegebenen Sichtbereich, umfassend
 - eine Anzeigeeinheit (1) umfassend zumindest einen rotierbar gelagerten Trägerkörper (11) mit Anzeigeelementen (12) und eine Antriebseinheit (13), die dazu ausgebildet ist, den Trägerkörper (11) um die vorgegebene Rotationsachse zu rotieren,
 - eine Bilderzeugungseinheit (2), die dazu ausgebildet ist, für jedes der Anzeigeelemente (12) anhängig von der Rotationsposition zu ermitteln, aus welcher Raumrichtung das vom jeweiligen Anzeigeelement (12) ausgehende Licht auf den Blickpunkt (6) einstrahlt, und die Anzeigeelemente (12) abhängig von der Rotationsposition des rotierbar gelagerten Trägerkörpers (11) sowie von der für das jeweilige Anzeigeelement (12) ermittelten Raumrichtung derart anzusteuern, dass ausgehend vom festgelegten Blickpunkt (6) des Benutzers im Sichtbereich eine Darstellung einer virtuellen Umgebung sichtbar ist,
dadurch gekennzeichnet, dassein in Blickrichtung angeordnetes Spiegelement (3) vorgesehen ist, wobei das Spiegelement (3) über einen Teil seines Umfangs einen im wesentlichen rotationssymmetrischen Verlauf um eine vorgegebene Rotationsachse aufweist und im Bezug auf die vorgegebene Rotationsachse konvex ausgebildet ist, und wobei das Spiegelement (3) dazu ausgebildet ist, Licht auf den festgelegten Blickpunkt (6) zu fokussieren, wobei die Anzeigeeinheit (1) dazu ausgebildet ist, ein Bild zu erzeugen, das über das Spiegelement (12) in den Blickpunkt (6) reflektiert wird.
2. Darstellungseinheit (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Form des Spiegelements (3) als Ausschnitt aus einer Kugelfläche ausgestaltet ist und/oder dass der Rotationskörper entlang dessen die an der Oberfläche des Trägerkörpers (11) angeordneten Anzeigeelemente (12) im Zuge der Rotationsbewegung streichen, eine Kugel ist.
3. Darstellungseinheit (10) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Spiegelement (3) derart gewählt ist, dass der Sichtbereich ausgehend vom vorgegebenen Blickpunkt (6) eine Vertikalsicht von 60° einschließt, insbesondere, dass der Sichtbereich derart festgelegt ist, dass im vorgegebenen Blickpunkt (6) einfallende Lichtstrahlen im Bezug zu einer durch die Blickrichtung vorgegebenen Achse einen Einfallswinkel von 30° nicht überschreitet.
4. Darstellungseinheit (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rotationskörper entlang dessen die an der Oberfläche des Trägerkörpers (11) angeordneten Anzeigeelemente (12) im Zuge der Rotationsbewegung streichen ein Teil einer Kugel ist, insbesondere, dass der Rotationskörper eine Kugelschicht ist, wobei ausgehend von der horizontalen Symmetrieebene der Vollkugel, welcher die Kugelschicht entnommen ist, ein Winkel von 22° nach oben und ein Winkel von 35° nach unten eingeschlossen ist.
5. Darstellungseinheit (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Spiegelement (3) derart gewählt ist, dass der Sichtbereich eine Horizontalsicht von 220° einschließt, insbesondere, dass ausgehend von einer durch den vorgegebenen Blickpunkt (6) in Blickrichtung verlaufenden Achse ein horizontaler Teilsichtbereich von jeweils 110° gemessen im Uhrzeigersinn und 110° gemessen gegen den Uhrzeigersinn eingeschlossen ist.
6. Darstellungseinheit (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vom Trägerkörper (11) vollzogene Rotationsbewegung eine Rotationsgeschwindigkeit von 1150°/s und/oder eine Tangentialgeschwindigkeit von 35 m/s nicht überschreitet.
7. Darstellungseinheit (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bilderzeugungseinheit (2) außerhalb der Anzeigeeinheit (1) angebracht ist und dass für die Übertragung von Informationen zur Ansteuerung der auf dem Trägerkörper (11) angebrachten Anzeigeelemente (12) durch die Bilderzeugungseinheit (2) zumindest ein den Trä-

gerkörper (11) und die Bilderzeugungseinheit (2) verbindender Lichtwellenleiter (21) vorgesehen ist.

8. Darstellungseinheit (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bilderzeugungseinheit (2) innerhalb der Anzeigeeinheit (1) angebracht ist und dass zur Ansteuerung der auf dem Trägerkörper (11) angebrachten Anzeigeelemente (12) durch die Bilderzeugungseinheit (2) eine drahtlose Datenverbindung vorgesehen ist, wobei insbesondere vorgesehen ist, die Ansaugung von Luft ins Innere des vom Trägerkörper (11) umstrichenen Rotationskörpers im Zuge der Rotationsbewegung des Trägerkörpers (11) zur Kühlung der Bilderzeugungseinheit (2) zu verwenden.
9. Darstellungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Blickpunkt (6) in Bezug auf eine Sitzgelegenheit (4) für einen Benutzer vorgegeben ist, wobei die Sitzgelegenheit (4) in einer, insbesondere als Cockpit eines Luftfahrzeugs ausgestalteten, Kabine (5) angebracht ist und dass die Anzeigeeinheit (1) oberhalb der Kabine (5) angeordnet ist.
10. Darstellungseinheit (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mittelpunkt der Kugelfläche, als Ausschnitt derer die Form des Spiegelements (3) ausgestaltet ist, in vertikaler Richtung oberhalb der Kabine (5) liegt.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

1/2

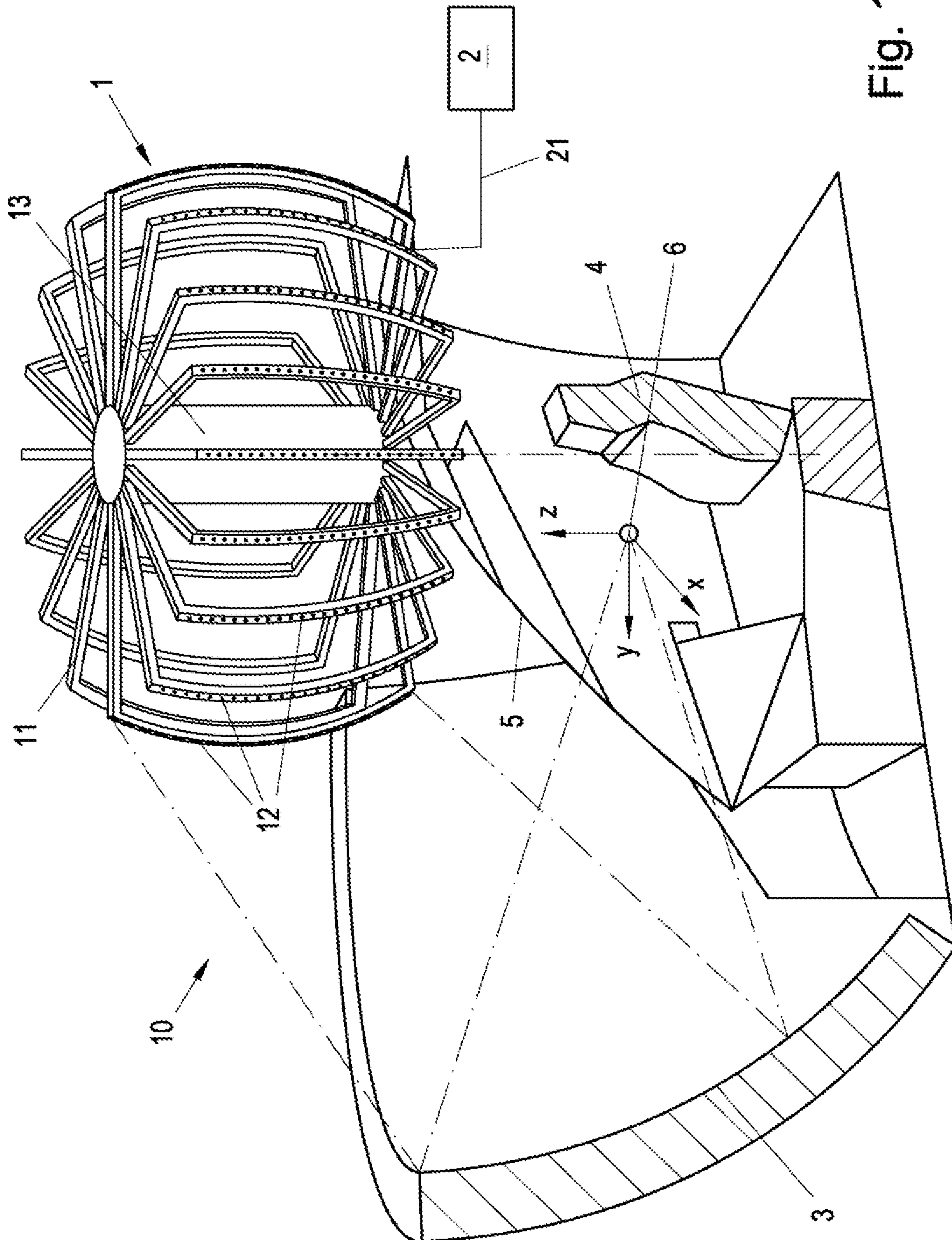


Fig. 1

2/2

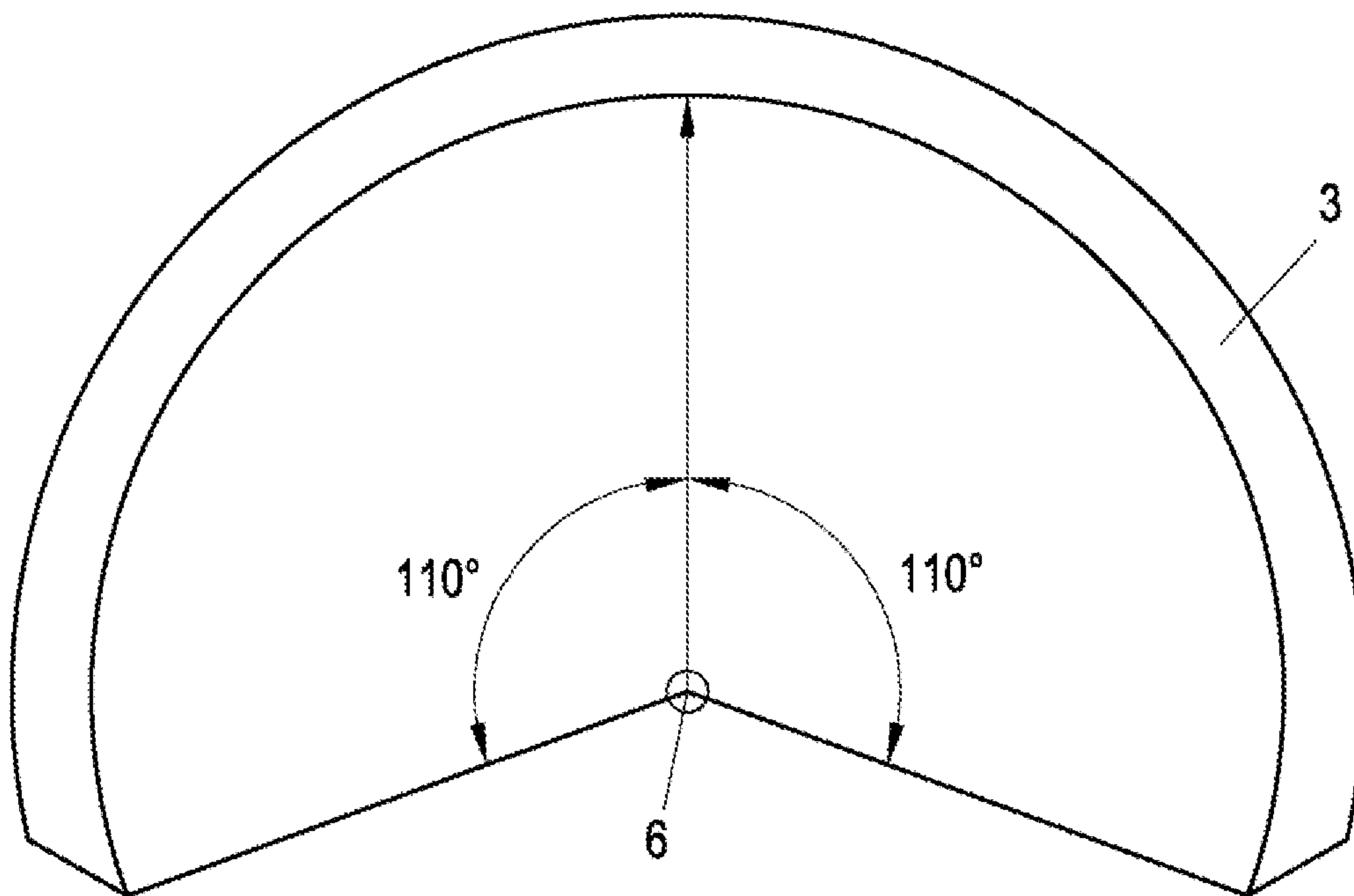


Fig. 2

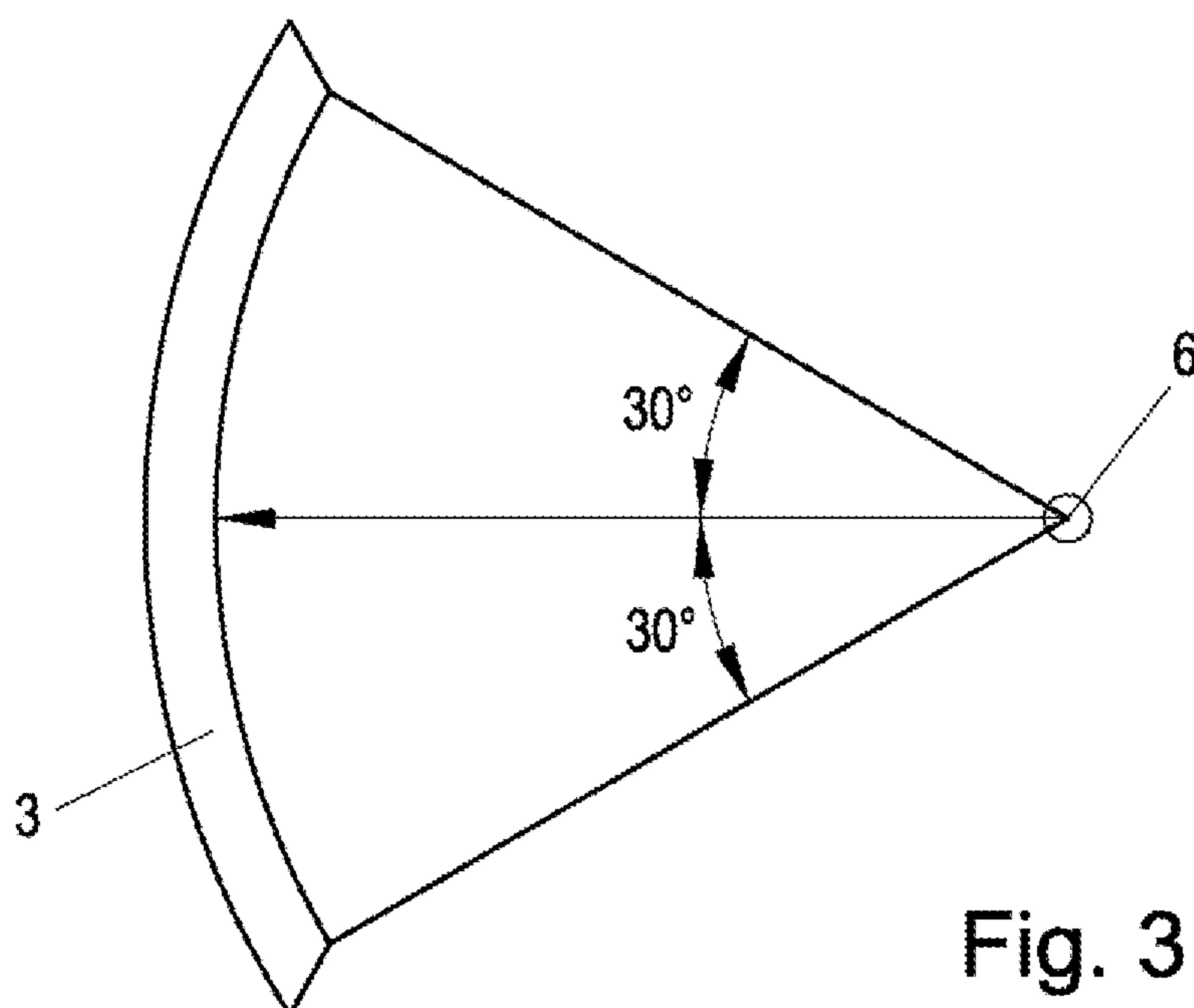


Fig. 3