



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 35 644 B3 2005.12.29**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 35 644.4**
 (22) Anmeldetag: **04.08.2003**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **29.12.2005**

(51) Int Cl.7: **G02B 21/22**
A61B 19/00

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Carl Zeiss, 89518 Heidenheim, DE

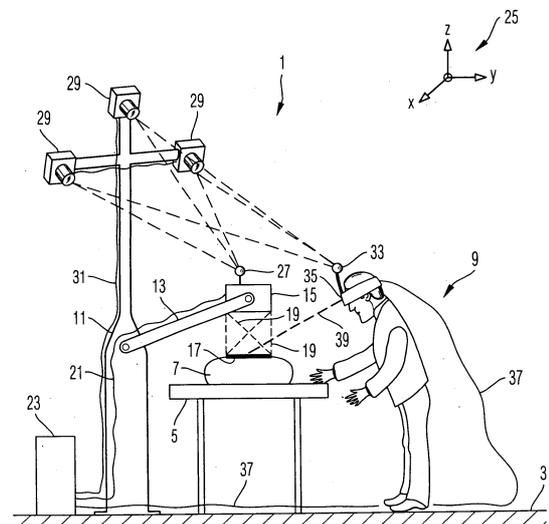
(74) Vertreter:
Diehl & Partner, 80333 München

(72) Erfinder:
Obrebski, Andreas, Dr., 40489 Düsseldorf, DE;
Hauger, Christoph, Dr., 73431 Aalen, DE; Haisch,
Michael, Dr., 73430 Aalen, DE; Strähle, Fritz, Dr.,
73540 Heubach, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE-PS 24 185 65
DE 42 13 312 A1
DE 42 02 505 A1
US 58 67 210
US 50 67 804
WO 96/06 507 A1

(54) Bezeichnung: **Mikroskopiesystem**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Stereo-Mikroskopiesystem bzw. ein Stereo-Mikroskopieverfahren zur Erzeugung wenigstens eines Paares von Darstellungen eines Objekts (7) zur Betrachtung durch wenigstens einen Benutzer (9) vorgeschlagen, welches eine Detektoranordnung (15) zum Detektieren von von einem Bereich (17) des Objekts (7) ausgesandter Strahlung und zum Bereitstellen von der registrierten Strahlung entsprechenden Strahlungsdaten, eine Positionserfassungseinrichtung (29) zum Erfassen einer Position des Benutzers (9) relativ zu einem Fixpunkt in einem Benutzerkoordinatensystem, eine Ortsbestimmungseinrichtung (23) zum Bestimmen eines ersten und eines zweiten Ortes in einem Objektkoordinatensystem (25) in Abhängigkeit von einem Azimut oder/und einer Elevation der Benutzerposition in dem Benutzerkoordinatensystem, wobei die Azimute des ersten und des zweiten Ortes voneinander verschieden sind, eine Bilddatenerzeugungseinrichtung (23) zum Erzeugen von Bilddaten aus den Strahlungsdaten für eine erste und eine zweite Darstellung, wobei die erste Darstellung den Bereich des Objekts bei Betrachtung von dem ersten Ort aus darstellt und die zweite Darstellung den Bereich des Objekts bei Betrachtung von dem zweiten Ort aus darstellt, und eine Anzeigevorrichtung (75) zum Anzeigen der ersten Darstellung für ein linkes Auge des Benutzers und Anzeigen der zweiten Darstellung für ein rechtes Auge des Benutzers in Abhängigkeit von den Bilddaten umfaßt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Mikroskopiesystem zur Darstellung eines Abbilds eines zu untersuchenden Objekts zur Betrachtung durch einen oder mehrere Benutzer.

[0002] Ein herkömmliches Mikroskopiesystem umfaßt eine Mikroskopieoptik mit einem Objektiv und einem Paar von Okularen sowie ein Stativ mit mehreren relativ zueinander verlagerbaren Stativgliedern, von denen eines die Mikroskopieoptik derart trägt, daß diese im Raum verlagerbar ist und von einem Benutzer in einer gewünschten Weise relativ zu dem zu untersuchenden Objekt positionierbar ist, indem der Benutzer mit einer Hand an eines der Stativglieder oder ein Chassis der Mikroskopieoptik angreift, um diese zu bewegen. Andererseits wird der Benutzer, wenn er an dem Objekt mit beiden Händen und Werkzeugen arbeitet und die Mikroskopieoptik verlagern möchte, um das Objekt aus einer anderen Perspektive durch die Mikroskopieoptik zu betrachten, das Werkzeug aus einer Hand ablegen müssen, um mit der Hand entsprechend die Mikroskopieoptik zu verlagern. Erst danach kann er das Werkzeug wieder aufgreifen, um seine Arbeit fortzusetzen.

Stand der Technik

[0003] Diese Vorgehensweise ist mühselig. Eine Erleichterung hierfür ist in DE 42 02 505 A1 vorgeschlagen. Gemäß diesem Vorschlag ist an der Mikroskopieoptik ein Meßsystem angebracht, welches die Lage der Mikroskopieoptik relativ zum Kopf des Benutzers permanent vermißt und Aktuatoren des Stativs derart zu Bewegungen ansteuert, daß die Mikroskopieoptik permanent in einer solchen vorbestimmten Lage relativ zum Kopf des Benutzers gehalten wird, daß dieser ständig Einblick in die Okulare nehmen kann. Bewegt der Benutzer seinen Kopf, so folgt die Mikroskopieoptik diesen Bewegungen automatisch. Die Mikroskopieoptik ist somit mit dem Kopf des Benutzers gewissermaßen fest verbunden.

[0004] Will nun der Benutzer allerdings seinen Blick von den Okularen kurz abwenden, um beispielsweise neben diesen vorbei auf einen Tisch zu blicken, um von diesem ein neues Werkzeug aufzugreifen, so ist dies mit dem vorgeschlagenen System nicht möglich, da dieses die Mikroskopieoptik bei einer entsprechenden Kopfbewegung, die der Benutzer ausführt, um seinen Blick von der Mikroskopieoptik zu lösen, folgt, so daß es dem Benutzer schließlich nicht gelingt, an den Okularen vorbei auf den Tisch zu blicken.

[0005] Aus diesem Grund konnte sich das vorgeschlagene System in der Praxis nicht durchsetzen.

[0006] Die US Patentschriften US 5,067,804 und

US 5,867,210 offenbaren jeweils ein Mikrokoopiesystem, bei welchem ein Objektiv und ein Visualisierungsmodul relativ zueinander frei bewegbar sind.

[0007] Die Internationale Patentanmeldung WO 96/06507 A1 offenbart ein Mikroskopiesystem, in welchem eine Topologie eines untersuchten Objekts aus von zwei unter unterschiedlichen Winkeln relativ zum Objekt orientierten Kameras aufgenommenen Bildern erfasst wird.

[0008] Die deutsche Patentschrift DE 24 18 565 offenbart ein an einem Stativ gehaltenes Mikroskopiesystem mit relativ zu einem Objektiv fest angebrachten Okularen. Es ist ein Mundschalter vorgesehen, um das Mikroskopiesystem an dem Stativ relativ zu dem Objekt zu bewegen.

[0009] Die deutsche Offenlegungsschrift DE 42 13 312 A1 offenbart ein Mikroskopiesystem mit einem Objektiv und fest daran angebrachten Okularen. Objektiv und Okulare sind an einem Stativ gehalten und weisen einen Sensor zur Erfassung einer Lageänderung des Objektivs relativ zu einem untersuchten Objekt auf, um eine Zoom- oder Fokuseinstellung in Abhängigkeit von der Verlagerung zu ändern.

Aufgabenstellung

[0010] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Mikroskopiesystem vorzuschlagen, welches es dem Benutzer ermöglicht, eine Position der Mikroskopieoptik relativ zu dem Objekt einfach zu ändern und ferner gleichwohl dem Benutzer eine Bewegungsfreiheit für dessen Kopf läßt, so daß dieser seinen Blick auch von der Mikroskopieoptik abwenden kann.

[0011] Die Erfindung geht hierzu zunächst aus von einem Mikroskopiesystem zur Darstellung eines Abbilds eines zu untersuchenden Objekts zur Betrachtung durch wenigstens einen Benutzer, umfassend: Eine Mikroskopieoptik mit einem Objektiv zur Abbildung des in einer Objektebene des Objektivs anordenbaren Objekts und wenigstens einem Visualisierungsmodul zur Darstellung eines Abbilds des Objekts für den Benutzer, ein erstes Stativ zur Halterung wenigstens des Objektivs der Mikroskopieoptik nahe dem zu untersuchenden Objekt, wobei das erste Stativ wenigstens einen Antrieb aufweist, um das Objektiv relativ zu dem zu untersuchenden Objekt zu verlagern, eine erste Lageerfassungsvorrichtung, welche dazu ausgebildet ist, eine Lage des Kopfes des Benutzers bezüglich einem vorbestimmten ersten Ort zu erfassen, und ein Steuersystem, welches ein erstes Modul umfaßt, das dazu ausgebildet ist, den wenigstens einen Antrieb des ersten Stativs im Hinblick auf eine Verlagerung des Objektivs in Abhängigkeit von einer Verlagerung des Kopfes des Benutzers anzusteuern.

[0012] Hierbei kann das Visualisierungsmodul beispielsweise Okulare umfassen, welche mit dem Objektiv fest verbunden sind. Das Visualisierungsmodul kann allerdings auch relativ zu dem Objektiv frei verlagerbar sein, beispielsweise indem das Visualisierungsmodul eine kopfgetragene Anzeigevorrichtung, z.B. ein "head mounted display", umfaßt, der das darzustellende Abbild als Bilddaten zugeführt werden. Die Bilddaten können beispielsweise durch eine an dem Objektiv vorgesehene Kamera gewonnen werden und von dieser zu der kopfgetragenen Anzeigevorrichtung über eine Datenleitung oder per Funk übertragen werden.

[0013] Das Mikroskopiesystem kann auch mehrere Visualisierungsmodule umfassen, um durch ein an dem ersten Stativ gehaltenes einziges Objektiv gewonnene Darstellungen mehreren Benutzern zuzuführen.

[0014] Unter einem ersten Aspekt zeichnet sich die Erfindung aus durch einen von der ersten Lageerfassungsvorrichtung separaten und durch den Benutzer betätigbaren Aktivierungssignalempfänger zur Bereitstellung eines Aktivierungssignals bei Betätigung durch den Benutzer, wobei das erste Modul des Steuersystems dazu ausgebildet ist, den wenigstens einen Antrieb des ersten Stativs lediglich bei Empfang des Aktivierungssignals im Hinblick auf die Verlagerung des Objektivs anzusteuern.

[0015] Hierdurch kann der Benutzer dem Mikroskopiesystem gegenüber kenntlich machen, ob eine von ihm durchgeführte Bewegung des Kopfes mit dem Wunsch durchgeführt wird, das Objektiv der Mikroskopieoptik relativ zu dem Objekt zu verlagern oder den Kopf aus einem anderen Grunde zur verlagern, welcher nicht zu einer Bewegung des Objektivs führen soll. Insbesondere führen damit unwillkürliche Verlagerungen des Kopfes des Benutzers, wie sie beispielsweise durch die Atmung des Benutzers oder Standwechsel oder dergleichen herbeigeführt werden, nicht zu einer Verlagerung des Objektivs. Insbesondere nehmen dann weitere Benutzer des Mikroskopiesystems, welchen ebenfalls Darstellungen des Objektivs zugeführt werden, nicht ein ständig wackelndes Bild des Objekts wahr.

[0016] Das Aktivierungssignal kann dem Aktivierungssignalempfänger des Mikroskopiesystems auf verschiedene Weisen zugeführt werden, beispielsweise mittels eines Schalters, insbesondere eines am Boden angeordneten Fußschalters oder Mundschalters, wie er aus der DE-PS 24 18 565 bekannt ist, oder auch durch akustische Signale, die der Benutzer in Form von gesprochenen Worten, Pfeifen oder dergleichen abgibt. Dann wird das Mikroskopiesystem vorteilhafterweise ein Mikrofon umfassen, und das Steuersystem wird ein zweites Modul aufweisen, um empfangene Töne dahingehend zu ana-

lysisieren, ob diese das Aktivierungssignal repräsentieren sollen.

[0017] Erst wenn das Mikroskopiesystem das Aktivierungssignal empfängt, werden die Antriebe des ersten Stativs in Abhängigkeit von Verlagerungen des Kopfes des Benutzers angesteuert. Eine laterale Verlagerung des Kopfes kann dann beispielsweise in eine laterale Verlagerung des Objektivs relativ zu der Objektebene des Objektivs umgesetzt werden, eine Drehung des Kopfes des Benutzers um dessen horizontale oder vertikale Achse kann auch in eine entsprechende Drehung des Objektivs relativ zu dessen Vertikal- oder Horizontalachse oder bezüglich Achsen, die in der Objektebene angeordnet sind oder sich orthogonal zu dieser erstrecken, umgesetzt werden.

[0018] Ferner ist es möglich, daß bei Empfang des Aktivierungssignals nicht eine durch den Kopf gesteuerte Bewegung des Stativs ausgelöst wird, sondern eine andere Funktion des Mikroskops durch Bewegung des Kopfes angesteuert wird, wie beispielsweise eine Änderung einer eingestellten Vergrößerung eines Zoom-Systems des Mikroskops oder dergleichen. Beispielsweise kann eine Bewegung des Kopfes hin zum Objekt die eingestellte Vergrößerung dann erhöhen. Ebenso können andere Funktionen des Mikroskopiesystems angesteuert werden. Auch kann das System dann vorzugsweise umschalten zwischen verschiedenen Betriebsmoden, in denen Kopfbewegungen wahlweise die verschiedenen Funktionen des Mikroskopiesystems ansteuern.

[0019] Unter einem zweiten Aspekt der Erfindung ist demgemäß vorgesehen, daß ein Ausmaß der Verlagerung des Objektivs abhängig ist von einem Ausmaß der Verlagerung des Kopfes des Benutzers, d.h. daß eine lediglich kleine Verlagerung des Kopfes auch nur zu einer kleinen Verlagerung des Objektivs führt, während eine größere Verlagerung des Kopfes des Benutzers, sei es als Translation oder als Rotation des Kopfes, auch zu einer entsprechend größeren Verlagerung des Objektivs führt. Hierbei ist allerdings das Ausmaß der Verlagerung des Objektivs kleiner als das Ausmaß der Verlagerung des Kopfes.

[0020] Diese Ausgestaltung geht auf die Überlegung zurück, daß der Benutzer über das Visualisierungsmodul eine beispielsweise fünffache Vergrößerung des Objekts wahrnimmt. Wird das Objektiv nun bei einer translatorischen Verlagerung des Kopfes mit einem Ausmaß von beispielsweise 1 cm um ein gleiches Ausmaß von ebenfalls 1 cm verlagert, so erscheint diese Verlagerung dem Benutzer beim Einblick in das Visualisierungsmodul aufgrund der Vergrößerung wie eine Verlagerung um 5 cm. Ist andererseits lediglich eine kleine Verlagerung des Objektivs relativ zu dem Objekt, beispielsweise mit einem Ausmaß von nur 1 mm gewünscht, so ist es insbe-

sondere bei hohen Vergrößerungen für den Benutzer schwierig, entsprechend kleine gezielte Bewegungen des Kopfes durchzuführen, um diese Verlagerung herbeizuführen.

[0021] Demgemäß ist zwischen den Verlagerungen des Kopfes und den Verlagerungen des Objektivs gewissermaßen eine "Untersetzung" vorgesehen, welche dann, wenn das Objektiv ein Objektiv mit änderbarer Vergrößerung ist, von der eingestellten Vergrößerung abhängig ist, so daß bei großen Vergrößerungen das Ausmaß der Verlagerung des Objektivs im Verhältnis zu dem Ausmaß der Verlagerung des Kopfes reduziert wird.

[0022] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist das Visualisierungsmodul relativ zu der Mikroskopieoptik durch den Benutzer verlagerbar und durch ein zweites Stativ getragen.

[0023] Im Unterschied zu dem vorangehend geschilderten Visualisierungsmodul, welches als kopfgetragene Anzeige ausgestaltet ist, ist hier das Visualisierungsmodul ebenfalls relativ zu dem Objektiv verlagerbar, so daß der Benutzer zur Betrachtung des Objekts nicht etwa in eine unbequeme Haltung gezwungen ist, welche er einnehmen müßte, um bei bestimmten Positionierungen des Objektivs relativ zu dem Objekt in Okulare oder dergleichen Einblick zu nehmen.

[0024] Andererseits ist bei dieser Ausgestaltung das Visualisierungsmodul jedoch nicht fest mit dem Kopf des Benutzers verbunden, so daß er auch sehr einfach seinen Kopf von dem Visualisierungsmodul weg bewegen kann, um neben dem Visualisierungsmodul vorbei auf das Objekt zu blicken, und etwa ein Werkzeug von einem Objektisch einfach mit der Hand aufgreifen kann.

[0025] Vorzugsweise ist das zweite Stativ zur Halterung des Visualisierungsmodul an einem der Stativglieder des ersten Stativs angebracht, welches das Objektiv haltet.

[0026] Es ist ebenfalls bevorzugt, mehreren Benutzern jeweils ein Visualisierungsmodul bereitzustellen, wozu dann mehrere zweite Stative vorgesehen sind, von welchen ein jedes ein Visualisierungsmodul haltet.

[0027] Vorzugsweise haltet das zweite Stativ das Visualisierungsmodul derart, daß dieses in Umfangsrichtung um eine nahe dem Objektiv vertikal sich erstreckende Vertikalachse durch den Benutzer frei verschwenkbar ist.

[0028] Vorzugsweise weist das erste Stativ wenigstens einen Antrieb auf, um das Objektiv relativ zu dem zu untersuchenden Objekt, gesteuert durch ein

Steuersystem, zu verlagern. Hierbei wird vorzugsweise eine durch den Benutzer herbeigeführte Verlagerung des Visualisierungsmoduls erfaßt und das Stativ zur Verlagerung des Objektivs in Abhängigkeit von der Verlagerung des Visualisierungsmoduls angesteuert. Hierbei kann, ähnlich wie dies vorangehend bereits erläutert wurde, eine translatorische Verlagerung des Visualisierungsmoduls in eine translatorische Verlagerung des Objektivs umgesetzt werden oder auch eine Drehung des Visualisierungsmoduls um die eine oder andere Achse in eine entsprechende Drehung des Objektivs umgesetzt werden, wobei vorzugsweise ein Ausmaß und eine Richtung der Verlagerung des Visualisierungsmoduls einem Ausmaß und einer Richtung der Verlagerung des Objektivs entspricht. Auch hier kann ebenfalls eine "Untersetzung" vorgesehen sein, so daß das Ausmaß der Verlagerung des Objektivs relativ zu dem Ausmaß der Verlagerung des Visualisierungsmoduls verringert ist.

[0029] Ferner kann dem zweiten Stativ, etwa in der Nähe des Visualisierungsmoduls, eine durch die Hand des Benutzers betätigbare Schalteranordnung vorgesehen sein, über welche das Steuersystem Steuerbefehle zur Ansteuerung des ersten Stativs im Hinblick auf die Verlagerung des Objektivs abgibt.

[0030] Unter einem weiteren Aspekt sieht die Erfindung ein Verfahren zur Erzeugung von Stereo-Bildpaaren vor, um mittels der Mikroskopieoptik zwei Abbilder des Objekts zu erzeugen, welche das Objekt aus einer Sicht mit unterschiedlichen Blickwinkeln repräsentieren. Die beiden Bilder werden dann den beiden Augen des Benutzers derart zur Betrachtung angeboten, daß dieser einen stereoskopischen Eindruck von dem Objekt gewinnt. Die beiden Blickrichtungen sind von dem Mikroskopiesystem in einem gewissen Rahmen einstellbar und sind von dem System deart zu wählen, daß der Benutzer bei Betrachtung der Abbilder des Objekts einen realitätsnahen Eindruck von diesem gewinnt.

[0031] Es könnte nun vorgesehen sein, die Auswahl der beiden Blickrichtungen in Abhängigkeit von einer Umfangsposition des Benutzers um einen mit dem Objektiv des Mikroskops fest verbundenen Fixpunkt durchzuführen. Diese Möglichkeit hat sich allerdings in der Praxis als nicht in allen Situationen geeignet erwiesen.

[0032] Die Erfindung sieht nun vor, die Einstellung der Blickrichtungen in Abhängigkeit von einer Orientierung eines Körperteils des Benutzers vorzunehmen.

[0033] Gemäß einer Ausführungsform umfaßt das Verfahren ein Bereitstellen eines Mikroskopobjektivs mit einer Hauptachse und einer quer zu der Hauptachse orientierten Ebene und mit zwei Strah-

längängen des Mikroskopobjektivs, wobei Zentralstrahlen die Objektebene in im wesentlichen einem gemeinsamen Punkt schneiden und im wesentlichen in einer gemeinsamen ersten Ebene angeordnet sind. Die beiden Zentralstrahlen legen die beiden oben genannten Blickrichtungen des schließlich erzeugten Abbilds fest. Es wird ferner eine Orientierung der ersten Ebene um die Hauptachse des Mikroskops vorgenommen, und zwar in Abhängigkeit einer erfaßten Orientierung eines Körperteils des Benutzers oder/und einer Orientierung eines Paares von Anzeigevorrichtungen, in die der Benutzer Einblick nimmt. Es wird ferner ein erstes Bild des Objekts über einen linken der beiden Strahlengänge aufgenommen, und ein dem ersten Bild entsprechendes erstes Abbild des Objekts wird durch eine linke der beiden Anzeigevorrichtungen zur Betrachtung für den Benutzer dargestellt. Ebenso wird ein zweites Bild der Objektebene über einen rechten der beiden Strahlengänge aufgenommen, und es wird ein dem zweiten Bild entsprechendes zweites Abbild des Objekts durch eine rechte der beiden Anzeigevorrichtungen für die Betrachtung mit dem rechten Auge des Benutzers dargestellt.

[0034] Die erste Ebene kann dabei ständig derart orientiert sein, daß sie parallel zu der Orientierung des Körperteils oder des Paares von Anzeigevorrichtungen orientiert ist und Änderungen von deren Orientierungen folgt. Hierbei kann insbesondere vorgesehen sein, daß ein Offset-Winkel zwischen der Orientierung der ersten Ebene und der Orientierung des Körperteils des Benutzers bzw. der beiden Anzeigevorrichtungen vorgesehen ist, wobei dieser Offset-Winkel insbesondere auch frei einstellbar sein kann oder sich situationsbedingt automatisch gesteuert ändern kann.

[0035] Vorzugsweise ist das zur Orientierung der ersten Ebene erfaßte Körperteil eine Schulter des Benutzers, und die erste Ebene wird vorzugsweise derart eingestellt, daß diese parallel zu einer Verbindungslinie zwischen der linken und der rechten Schulter des Benutzers orientiert ist. Auch hierbei kann allerdings die Einführung des vorangehend erläuterten Offset-Winkels vorteilhaft sein. Das Körperteil, dessen Orientierung erfaßt wird, kann allerdings auch der Kopf des Benutzers sein.

[0036] Wenn zur Festlegung der Orientierung der ersten Ebene die Orientierung der Anzeigevorrichtung erfaßt wird, so wird die erste Ebene parallel zu einer Verbindungslinie zwischen einem linken und einem rechten Anzeigemodul der Anzeigevorrichtung eingestellt; auch hier kann die Bereitstellung eines einstellbaren Offset-Winkels vorteilhaft sein.

[0037] Gemäß einer ebenfalls bevorzugten Ausführungsform werden die beiden Abbilder des Objekts aus einem Datenmodell generiert, welches über eine

das Objekt beobachtende Topologieaufnahmevorrichtung erzeugt wird. Die aus dem Datenmodell generierten Abbilder des Objekts repräsentieren dann das Objekt aus zwei verschiedenen Blickrichtungen, welche sich in im wesentlichen einem gemeinsamen Punkt schneiden und welche in im wesentlichen einer gemeinsamen ersten Ebene angeordnet sind. Die erste Ebene wird dann um eine Hauptachse der Topologieaufnahmevorrichtung in Abhängigkeit von einer erfaßten Orientierung des Körperteils des Benutzers bzw. des Paares von Anzeigevorrichtungen eingestellt.

[0038] Auch hier können wieder verschiedene Körperteile hinsichtlich ihrer Orientierung erfaßt werden und gegebenenfalls einstellbare Offset-Winkel vorgesehen sein, wie dies vorangehend erläutert wurde.

Ausführungsbeispiel

[0039] Nachfolgend werden Ausführungsformen der Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigt

[0040] [Fig. 1](#) eine perspektivische Darstellung einer Ausführungsform eines Mikroskopiesystems mit einer Stativsteuerung in Abhängigkeit von einer Verlagerung eines Kopfes eines Benutzers,

[0041] [Fig. 2](#) eine perspektivische Darstellung einer Ausführungsform eines Mikroskopiesystems mit einem separat von einem Objektiv getragenen Visualisierungsmodul,

[0042] [Fig. 3](#) eine Draufsicht auf einen Teil des in [Fig. 2](#) gezeigten Mikroskopiesystems,

[0043] [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung einer Mikroskopieoptik zur Erzeugung von Stereo-Bildpaaren mittels einer Kamera,

[0044] [Fig. 5](#) ein Diagramm zur Erläuterung einer Funktion der Mikroskopieoptik der [Fig. 4](#),

[0045] [Fig. 6](#) eine schematische Darstellung einer Mikroskopieoptik zur Erzeugung von Stereo-Bildpaaren mittels einer Topologieaufnahmevorrichtung und über ein Datenmodell, und

[0046] [Fig. 7](#) ein Diagramm zur Erläuterung einer Funktion der Mikroskopieoptik der [Fig. 6](#).

[0047] In [Fig. 1](#) ist ein Mikroskopiesystem **1** schematisch dargestellt, bei welchem eine Mikroskopieoptik **3** an einem Stativ **5** im Raum verlagerbar gehalten ist. Hierzu umfaßt das Stativ **5** eine Mehrzahl von relativ zueinander verlagerbaren Stativgliedern. Eine Basis **7** des Stativs ist auf Rädern **9** auf einem Boden eines Operationssaals aufgestellt und trägt einen um eine vertikale Achse **8** drehbaren Sockel **10**. Dieser

wiederum trägt einen Stativarm **11**, welcher an dem Sockel **10** um eine horizontale Achse **13** verschwenkbar angebracht ist. An dem Arm **11** ist wiederum ein weiterer Arm **15** um eine horizontale Achse **17** schwenkbar angebracht. An dem Arm **15** wiederum ist ein Zwischenglied **19** angebracht, welches relativ zu dem Arm **15** um eine Horizontalachse **21** und eine Vertikalachse **23** verschwenkbar ist. An dem Zwischenglied **19** ist ein weiteres Zwischenglied **25** um eine schräg orientierte Achse **27** schwenkbar angebracht, und an dem Zwischenglied **25** ist schließlich ein Chassis **28** eines Objektivs der Mikroskopieoptik um eine Achse **29** schwenkbar angebracht.

[0048] Einer jeden der Schwenkachsen **12**, **13**, **17**, **21**, **23**, **27** und **29** ist ein in der [Fig. 1](#) nicht dargestellter motorischer Antrieb zugeordnet, um die Glieder **7**, **10**, **11**, **15**, **19**, **25** und **28** relativ zueinander zu verlagern. Eine Steuerung **31**, beispielsweise ausgeführt als ein Computer, dient zur Ansteuerung der einzelnen Motoren über eine Steuerleitung **33**.

[0049] Um eine Antriebskraft für die den Achsen **13** und **17** zugeordneten Antriebe zu verringern, ist ein Gegengewicht **12** vorgesehen.

[0050] Die Mikroskopieoptik **3** umfaßt ein Objektiv, welches in dem Chassis **28** enthalten ist und stereoskopische Aufnahmen eines auf einem Objektisch **35** angeordneten Objekts **37** gewinnt. Die Aufnahmen stellt das Objektiv **3** an die Steuerung **31** über eine Datenleitung **39** in digitaler Form bereit.

[0051] Die Mikroskopieoptik **3** umfaßt ferner ein Paar von Okkularen **41**, in welche ein Benutzer Einblick nehmen kann, um eine Darstellung des Objekts **37** zu betrachten. Hierbei können die Okulare **41** mit dem Objektiv einen gemeinsamen Strahlengang aufweisen oder aber es sind in den Okularen Anzeigen vorgesehen, welche die von dem Objektiv gewonnenen Daten anzeigen, um in den Okularen **41** die Darstellung des Objekts stereoskopisch sichtbar zu machen. Die Okulare **41** sind allerdings lediglich optional als Alternative oder als Ergänzung zu einer kopfgetragenen Anzeigevorrichtung **43** vorgesehen, welche der Benutzer **44** an seinem Kopf **45** trägt. Die kopfgetragene Anzeigevorrichtung **43** enthält zwei Anzeigen, welchen die Bilddaten von der Steuerung **31** über eine Datenleitung **47** zugeführt werden und welche die Darstellung des Objekts **37** so anzeigen, daß der Benutzer **44** eine stereoskopische Darstellung des Objekts **37** betrachten kann. Hierbei kann sich der Benutzer **44** frei relativ zu dem Objekt **37** bewegen und dabei immer die Darstellung des Objekts betrachten. Er ist also nicht in seiner Position an die Position der Okulare **41** gebunden.

[0052] Das Mikroskopiesystem **1** umfaßt ferner eine Lageerfassungsvorrichtung **51** zur Erfassung einer Lage des Kopfes **45** des Benutzers **44** relativ zu dem

Sockel **10** des Stativs **5**. Die Lageerfassungsvorrichtung **51** umfaßt drei mit Abstand voneinander und nicht auf einer gemeinsamen Geraden angeordnete Kameras **53**, deren Bilder über Datenleitungen **55** an die Steuerung **31** übertragen werden. Die Lageerfassungsvorrichtung **51** umfaßt ferner drei Leuchtdioden **57**, welche ebenfalls mit Abstand voneinander und nicht auf einer gemeinsamen Geraden liegend angeordnet und fest mit dem Kopf **45** des Benutzers **44** verbunden sind. Die Leuchtdioden sind über ein Gestänge **59** mit der Anzeigevorrichtung **43** verbunden, welche wiederum fest mit dem Kopf **45** verbunden ist. Es ist allerdings auch möglich, die Leuchtdioden **57** auf andere Weise mit dem Kopf **45** des Benutzers **44** zu verbinden.

[0053] Die Steuerung **31** wertet die von den Kameras **53** gewonnenen Bilder im Hinblick auf Positionen der Leuchtdioden **57** in den Bildern aus und errechnet daraus die Lage des Kopfes **45** sowohl hinsichtlich Position als auch Orientierung relativ zu dem Sockel **10**. Da die Steuerung **31** auch die Position des Objektivs der Mikroskopieoptik **3** über die jeweils bekannten Einstellungen der Antriebe des Stativs **5** kennt, kann die Steuerung **31** auch die Lage, d.h. Position und Orientierung, des Kopfes **45** relativ zu dem Objektiv oder dem Objekt **37** selbst ermitteln. Es ist ebenfalls möglich, daß das Chassis **28** der Mikroskopieoptik **3** ebenfalls Leuchtdioden, ähnlich den an dem Kopf **45** angebrachten Leuchtdioden **57**, trägt, so daß die Lage des Objektivs durch die Steuerung **31** ebenfalls durch Auswertung der Bilder der Kameras **53** gewonnen werden kann.

[0054] An die Steuerung **31** ist ferner über eine Leitung **61** ein Fußschalter **63** angeschlossen, welcher auf dem Boden liegend von einem Fuß **65** des Benutzers **44** betätigbar ist.

[0055] Eine Betätigung des Fußschalters **63** aktiviert die Steuerung **31** im Hinblick auf eine Betätigung der Antriebe des Stativs **5** in Abhängigkeit von einer über die Lageerfassungsvorrichtung **51** erfaßten Verlagerung des Kopfes **45** des Benutzers **44**.

[0056] Hierbei wird durch die Steuerung **31** eine translatorische Verlagerung des Kopfes **45** in eine hierzu parallele Verlagerung des Chassis **28** der Mikroskopieoptik **3** umgesetzt, wobei allerdings die Verlagerung des Chassis **28** gegenüber der Verlagerung des Kopfes **45** untersetzt ist und zwar in einem Verhältnis, welches einer gewählten Vergrößerung des Objektivs entspricht. Bei z.B. einer achtfachen Vergrößerung des Objektivs führt damit eine Verlagerung des Kopfes **45** um 1 cm zu einer Verlagerung des Objektivs um 0,125 mm. Es ist jedoch auch möglich, andere Übersetzungen vorzusehen oder gar das Objektiv um ein gleiches Maß zu verlagern, wie der Benutzer seinen Kopf **45** verlagert.

[0057] Ähnlich führt eine Drehung des Kopfes **45** des Benutzers um eine Raumachse zu einer entsprechenden Drehung des Chassis **28** um eine zu der Drehachse des Kopfes **45** parallel versetzte und das Chassis **28** durchsetzende Raumachse.

[0058] Mit dem Mikroskopiesystem **1** ist es somit möglich, daß der Benutzer **44** einerseits seinen Kopf **45** frei relativ zu dem Objekt **37** bewegen kann und dabei fortwährend das Objekt **37** beobachten kann, und andererseits bei Betätigung des Fußschalters **63** die Bewegung seines Kopfes **45** dazu einsetzen kann, eine Verlagerung des Objektivs relativ zu dem Objekt **37** herbeizuführen.

[0059] Alternativ oder ergänzend zu dem Fußschalter **63** als Aktivierungssignalempfänger ist noch ein Mikrofon **66** vorgesehen, welches von dem Benutzer **44** angegebene Sprachsignale empfängt und an die Steuerung **31** weiterleitet, welche diese Signale dahingehend auswertet, ob der Benutzer ein vorab definiertes Sprachsignal abgegeben hat, welches die Steuerung im Hinblick auf die Betätigung der Antriebe des Stativs in Abhängigkeit von einer Verlagerung des Kopfes des Benutzers ansteuert. Bei einem weiteren vordefinierten Sprachsignal wird die Steuerung **31** dann diesen Steuermodus wieder abschalten.

[0060] Als eine Alternative ist es möglich, daß die Lageerfassungsvorrichtung **51** nicht die Lage des Kopfes **45** des Benutzers **44** erfaßt, sondern die Lage eines anderen Körperteils des Benutzers **44**, beispielsweise einer Hand **67** desselben, wozu dann beispielsweise ebenfalls drei Leuchtdioden an der Hand **67** des Benutzers anzubringen wären. Es ist jedoch ebenfalls vorgesehen, daß die Lageerfassungsvorrichtung **51** nicht, wie beschrieben mit drei Kameras **53** und drei Leuchtdioden **57** arbeitet, sondern nach einem beliebigen anderen Prinzip.

[0061] Nachfolgend werden Varianten der in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsform dargestellt. Hierbei sind Komponenten, welche hinsichtlich ihres Aufbaus und ihrer Funktion Komponenten der [Fig. 1](#) entsprechen, mit den gleichen Bezugszeichen wie in [Fig. 1](#) bezeichnet, zur Unterscheidung jedoch mit einem zusätzlichen Buchstaben versehen. Es wird hierbei auf die gesamte vorangehende Beschreibung Bezug genommen.

[0062] Ein in [Fig. 2](#) gezeigtes Mikroskopiesystem **1a** umfaßt wiederum eine Mikroskopieoptik **3a** mit einem Objektiv in einem Chassis **28a**, welches an einem Stativ **5a** räumlich verlagerbar angebracht ist. Das Stativ **5a** weist einen ähnlichen Aufbau auf, wie das in [Fig. 1](#) gezeigte Stativ, indem mehrere aneinander angelenkte Stativglieder **7a**, **10a**, **11a**, **15a**, **19a**, **25a** um Achsen **12a**, **13a**, **17a**, **21a**, **27a** und **29a** verschwenkbar sind, wobei die Verschwenkungen durch eine Steuerung **31a** über den Schwenkachsen

zugeordnete Antriebe bewirkt werden.

[0063] Ein Visualisierungsmodul der Mikroskopieoptik **3a** umfaßt ein Paar Okulare **41a**, welche an einem Stativ **71** gehalten sind, welches einen horizontalen Arm **73** umfaßt, der an dem Arm **15a** des Stativs **5a** um die vertikale Achse **23a** frei verlagerbar gehalten ist. An dem Arm **73** hängt über ein Gestänge **75** ein Pult **77**, welches die Okulare **41a** in Augenhöhe des in [Fig. 2](#) nicht dargestellten Benutzers trägt. In einem jeden der Okulare **41a** ist eine Anzeige vorgesehen, welche die von dem Objektiv aufgenommenen Bilder zur Betrachtung durch den Benutzer darstellt.

[0064] Das Objektiv gibt die Bilder als elektronische Bilddaten über eine Datenleitung **39a** an die Steuerung **31a** aus, welche diese bearbeitet und wiederum als Bilddaten über eine Datenleitung **47a** an das Paar Okulare **41a** zur Darstellung überträgt.

[0065] In [Fig. 2](#) ist lediglich ein Visualisierungsmodul **41a** an einem Stativ **71** dargestellt. Es ist jedoch möglich, zwei oder mehr Visualisierungssysteme für mehrere Benutzer an jeweils einem eigenen Stativ **71** ebenfalls um die Achse **23a** frei verschwenkbar vorzusehen, wie dies in der [Fig. 3](#) für zwei Okularpaare **41a** und **41a'** schematisch dargestellt ist.

[0066] Auf dem Pult **77** ist ferner ein Steuerknüppel **79** angebracht, welcher von dem Benutzer in vier zueinander orthogonale Richtungen aus einer Ruheposition heraus betätigbar ist, um eine horizontale Verlagerung des Objektivs **28a** über die Ansteuerung der den Schwenkachsen zugeordneten Antriebe zu bewirken. Hierzu ist zwischen den Armen **73** und **15a** ein Drehstellungssensor vorgesehen, um eine Schwenkstellung zwischen den Armen **73** und **15a** um die vertikale Achse **23a** zu erfassen. Die Steuerung **31a** steuert dann in Abhängigkeit von der erfaßten Schwenkstellung die Antriebe derart an, daß das Objektiv in genau die gleiche Richtung verlagert wird, wie der Benutzer den Steuerknüppel **79** auslenkt.

[0067] Neben den in [Fig. 3](#) gezeigten Funktionen des Steuerknüppels, nämlich der Auslenkung desselben in die vier zueinander orthogonalen Richtungen, kann dieser auch noch weitere Bedienmerkmale aufweisen, oder es können noch weitere Bedienelemente an dem Pult **77** vorgesehen sein, um auch noch eine Orientierung des Chassis **28a** im Raum oder eine Verlagerung in Vertikalrichtung über die Steuerung **31a** auszulösen.

[0068] Bei Betätigung beispielsweise eines weiteren Schalters ist es dann möglich, daß das Chassis **28a** mit dem Objektiv um die Achse **23a** verdreht wird, und zwar in Abhängigkeit von einer durch den Drehstellungssensor zwischen den Armen **73** und **15a** erfaßten Verschwenkung des Arms **73** um die

vertikale Achse **23a**.

[0069] Die Bilddaten, welche den beiden Augen des Benutzers zur Darstellung angeboten werden, etwa über die kopfgetragene Anzeigevorrichtung **43** oder die Okulare **41a** können auf verschiedene Weisen gewonnen werden, wie beispielsweise zwei mit Abstand voneinander und auf die Objektebene gerichtete Kameras, die in dem Chassis **28** des Objektivs integriert sind. Wenn sich allerdings der Benutzer **44** um das Objekt **37** herum bewegt, so ändert sich auch eine Perspektive, unter der er das Objekt ohne Zuhilfenahme des Mikroskopiesystems wahrnehmen würde, und einer solchen Änderung der Perspektive sollte auch bei der Erzeugung der Bilddaten Rechnung getragen werden. Hierzu ist es notwendig, eine Stereobasis des Objektivs in Abhängigkeit von einer Positionierung des Benutzers im Raum einzustellen. Auch hierzu sind eine Vielzahl von Möglichkeiten denkbar.

[0070] Eine Möglichkeit, die Bilddaten für die jeweilige Anzeigevorrichtung über wenigstens eine Kamera zu gewinnen, ist in der europäischen Patentanmeldung mit Aktenzeichen 03002318.8 (EP 13 33 305 A2) offenbart, wobei die Offenbarung dieser Schrift in die vorliegende Anmeldung vollumfänglich übernommen wird.

[0071] Eine weitere Möglichkeit, nämlich die Bilddaten aus einem von einer Topologieaufnahmevorrichtung generierten Datenmodell zu erzeugen ist in der europäischen Patentanmeldung mit Aktenzeichen 03002319.6 (EP 13 33 306 A2) offenbart, deren Offenbarung ebenfalls vollumfänglich in die vorliegende Anmeldung übernommen wird.

[0072] In [Fig. 4](#) ist schematisch eine Funktion des in dem Chassis **28** untergebrachten Objektivs **81** zur Erzeugung der Bilddaten über wenigstens eine Kamera dargestellt, wobei die Bilddaten den Okularen **41a** und **41a'** in [Fig. 3](#) oder der kopfgetragenen Anzeigevorrichtung **43** in [Fig. 1](#) zugeführt werden. Hierzu umfaßt das Objektiv **81** eine vordere Linsenbaugruppe **83**, welche ein von dem Objektiv **37** ausgehendes objektseitiges Strahlenbündel **84** in ein bildseitiges Strahlenbündel **85** überführt, in welchem ein Strahlverschluß **86** angeordnet ist, welcher eine Vielzahl von durch die Steuerung schaltbaren Flüssigkristallschaltelementen umfaßt, welche umschaltbar sind zwischen einem Licht transmittierenden Zustand und einem Licht nicht transmittierenden Zustand. In [Fig. 4](#) sind vier kreisförmige Bereiche **88a**, **88b**, **88c**, **88d** dargestellt, von denen der Bereich **88d** dem linken Okular **41a** zugeordnet ist, der Bereich **88b** dem rechten Okular **41a** zugeordnet ist, der Bereich **88a** dem rechten Okular **41a'** zugeordnet ist und der Bereich **88c** dem linken Okular **41a'** zugeordnet ist. Lediglich in dem Bereich **88c** sind die Flüssigkristallelemente in den Licht transmittierenden Zustand ge-

schaltet, so daß das diesen Bereich durchsetzende Licht des bildseitigen Strahlenbündels **85** über eine Adapteroptik **89** auf eine Kamera **90** trifft. Das von der Kamera **90** aufgenommene Bild wird von der Steuerung **31** ausgelesen und an die in dem linken Okular **41a'** vorgesehene Anzeige, ein LCD-Display zugeführt. Danach wird der Verschluß **86** von der Steuerung **31** angesteuert, so daß lediglich der Bereich **88a** lichtdurchlässig ist, und das dann von der Kamera **90** aufgenommene Bild wird der Anzeige in dem rechten Okular **41a'** zugeführt. Damit sind in dem linken bzw. rechten Okular **41a'** Darstellungen aus unterschiedlichen Blickrichtungen auf das Objekt **37a** sichtbar, so daß ein in die Okulare **41a'** einblickender Betrachter eine stereoskopische Darstellung des Objekts **37a** wahrnimmt.

[0073] Daraufhin steuert die Steuerung **31a** den Verschluß **86** derart an, daß lediglich der Bereich **88d** lichtdurchlässig ist, und das dann gewonnene Bild der Kamera **90** wird dem linken Okular **41a** zugeführt, woraufhin lediglich der Bereich **88b** lichtdurchlässig geschaltet wird und das dann gewonnene Bild der Kamera **90** dem rechten Okular **41a** zugeführt wird.

[0074] Somit zeigen auch die Okulare **41a** eine stereoskopische Darstellung des Objekts **37**. Eine Verbindungslinie zwischen den Bereichen **88d** und **88b** kann ebenso wie eine Verbindungslinie zwischen den Bereichen **88a** und **88c** als Stereobasis bezeichnet werden, wobei deren Orientierung parallel ist zu einer Verbindungslinie zwischen den beiden Okularen **41a** bzw. **41a'**.

[0075] Bei einer Verlagerung des Arms **73** bzw. **73'** um die Achse **23a** durch den Benutzer ändert die Steuerung **31** eine Orientierung der entsprechenden Stereobasis an dem Verschluß **86**, so daß die Bereiche **88a**, ... **88d** in Umfangsrichtung um die optische Achse **91** des Objektivs verlagert werden, so daß in den Okularen **41a**, **41a'** die Darstellung jeweils mit einer der Umfangsstellung der Okulare **41a**, **41a'** um die Achse **23a** entsprechenden korrekten Stereobasis erfolgt.

[0076] Die den Anzeigen in den Okularen zugeführten Bilddaten können entsprechend auch den Anzeigen in der kopfgetragenen Anzeigevorrichtung **43** ([Fig. 1](#)) zugeführt werden, so daß der Benutzer bei Einblick in dieselbe ebenfalls eine korrekte stereoskopische Darstellung des Objekts gewinnt, wobei dann die Orientierung der Stereobasis in Abhängigkeit von einer Position des Kopfes **45** des Benutzers **44** in Umfangsrichtung um das Objektiv erfolgt.

[0077] Eine alternative Ausführungsform zur Einstellung der Stereobasis nicht in Abhängigkeit von einer Umfangsposition des Benutzers um die optische Achse sondern in Abhängigkeit von einer Orientierung eines Körperteils des Benutzers wird nachfol-

gend anhand der [Fig. 5](#) beschrieben.

[0078] Diese zeigt ein Koordinatensystem xyz mit Ursprung O, dessen xy-Ebene mit einer Objektebene des Objektivs **81** zusammenfällt und dessen z-Achse mit der optischen Achse **91** des Objektivs **81** zusammenfällt. Ferner sind in die Darstellung Strahlenbündel **101i** und **101r** eingetragen, welche die Bereiche **88a** bzw. **88c** der [Fig. 4](#) durchsetzen und somit die Strahlengänge repräsentieren, über die die Kamera **90** die Bilder des Objekts gewinnt, deren Abbilder dem linken und dem rechten Auge des Benutzers dargestellt werden. Die beiden Strahlenbündel **101i** und **101r** weisen Zentralstrahlen **103i** bzw. **103r** auf. Diese bestimmen die Stereobasis und schneiden den Ursprung O unter einem Winkel α , dem sogenannten Stereowinkel.

[0079] Mit **105i** und **105r** sind in [Fig. 5](#) Querschnitte durch die Strahlenbündel **101i** und **101r** in einer zu der Objektebene xy parallelen Ebene bezeichnet. Diese Ebene schneiden die Zentralstrahlen **103i** und **103r** in Punkten L bzw. R. Die Strecke RL zwischen den beiden Punkten R und L repräsentiert somit die Stereobasis, und die Punkte R, L und O spannen eine gemeinsame Ebene auf.

[0080] Mit **111** und **112** sind in [Fig. 5](#) zwei zueinander orthogonale Geraden bezeichnet, welche in der Ebene der Querschnitte **105** liegen. Mit **113** ist eine Gerade bezeichnet, auf der die Strecke RL liegt. Durch Ansteuerung des Strahlverschlusses **86** kann die Steuerung **31** des Mikroskopiesystems einen Abstand zwischen den Geraden **112** und **113** ändern und die Orientierung der Geraden **111**, **112** und **113** in der Ebene der Strahlquerschnitte **105** um die Achse z verändern, wie dies durch einen Pfeil **115** in [Fig. 5](#) angedeutet ist. Damit wird auch die Ebene RLO um die optische Achse **91** des Objektivs verlagert.

[0081] [Fig. 5](#) zeigt weiter schematisch ein Skelettmodell des Benutzers **44** mit Kopf **45**, einer linken Schulter **102i**, einer rechten Schulter **121r** und Händen **67i** bzw. **67r**. Eine die Schultern **102i** und **121r** durchsetzende Gerade ist mit **123** bezeichnet.

[0082] Die Orientierung der Strecke RL um die optische Achse **91** wird nun von der Steuerung **31** derart eingestellt, daß die Ebene RLO parallel zu der Geraden **123** orientiert ist. In dem in [Fig. 5](#) gezeigten Fall, in dem die optische Achse **91** in vertikaler Richtung, das heißt parallel zur Körperlängsachse des Benutzers **44** orientiert ist, ist dann auch die Strecke RL parallel zu der Geraden **123**. Im allgemeinen Fall, in dem das Objektiv bezüglich des Objekts frei ausrichtbar ist und damit die optische Achse **91** nicht in vertikaler Richtung orientiert sein muß, ist die Strecke RL nicht unbedingt parallel zu der Geraden **123** orientiert. Allerdings bleibt die Ebene RLO parallel zu die-

ser Geraden **123** orientiert.

[0083] Die Orientierung der beiden Schultern **102i**, **121r** bzw. der Geraden **123** des Benutzers kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß das Gestänge **59** mit den drei Leuchtdioden **57** alternativ oder ergänzend zur Anbringung am Kopf **45** des Benutzers, wie dies in [Fig. 1](#) dargestellt ist, mit der Schulter **121** des Benutzers verbunden ist. Das Mikroskopiesystem kann über die Kameras **53** dann die Orientierung der Schultern **121** im Raum erfassen und in Abhängigkeit davon die Orientierung der Ebene RLO vornehmen. Hierbei ist es möglich, zwischen den Orientierungen der Geraden **123** einerseits und der Orientierung der Ebene RLO einen Offset vorzusehen, beispielsweise um es zu ermöglichen, daß der Benutzer bei einer Verrichtung an dem Objekt seine Schultern **121** verdreht zu diesem anordnet, um beispielsweise mit dem rechten Arm weiter nach vorne zu greifen als mit dem linken.

[0084] Alternativ zu der vorangehend geschilderten Möglichkeit kann die Orientierung der Ebene RLO um die optische Achse **9** auch folgendermaßen bestimmt werden: die Lage der Schultern **21r**, **21i** im Raum legt eine die Schulter vertikal durchsetzende Ebene eindeutig fest. Diese Ebene wird nun so lange parallel verschoben, bis sie den Ursprung O schneidet. Dann wird die Ebene RLO in Umfangsrichtung um die Achse **91** derart verdreht, daß eine Schnittgerade zwischen der verschobenen Vertikalebene und der Ebene RLO in der Objektebene xy liegt.

[0085] Neben den geschilderten Möglichkeiten der geometrischen Ermittlung der Orientierung der Ebene RLO um die optische Achse sind auch noch andere geometrische Berechnungsmöglichkeiten möglich, die in der Praxis zu ähnlichen Ergebnissen führen.

[0086] In [Fig. 6](#) ist eine weitere Variante eines Objektivs dargestellt, welches in dem Mikroskopiesystem der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) einsetzbar ist, um ein Datenmodell zu erzeugen, aus dem dann die beiden Abbildungen zur Betrachtung durch den Benutzer erzeugt werden. Das in [Fig. 6](#) gezeigte in dem Chassis **28** angebrachte Objektiv **81** umfaßt zwei Kameras **93** und **94**, welche mit Abstand voneinander angeordnet sind und Bilder des Objekts **37** aufnehmen. Aus [Fig. 6](#) ist ersichtlich, daß verschiedene Orte **95** und **96** auf dem Objekt **37** in den Bildern der Kameras **93**, **94** zu unterschiedlichen Punkten **45'**, **46'** bzw. **45''**, **46''** führen. Durch Auswertung der durch die beiden Kameras gewonnenen Bilder kann die Steuerung **31** die Topologie des Objekts **37** als Datenmodell errechnen und dann wiederum aus diesem Datenmodell die Abbilder generieren, welche den beiden Anzeigen des Visualisierungsmoduls zuzuführen sind, um, bei bekannter Lage des Visualisierungsmoduls in Umfangsrichtung um das Objektiv die stereoskopischen Darstellungen mit korrekter Stereobasis darzustellen.

[0087] In [Fig. 7](#) sind Details zur Generierung der beiden Abbilder dargestellt.

[0088] Das aus den Bildern der Topologieaufnahmevorrichtung **81** errechnete Datenmodell ist in [Fig. 7](#) schematisch als ein System aus Gitternetzlinien **131** dargestellt. Einer jeden Kreuzung **133** von Gitternetzlinien **131** ist hierbei ein Datensatz von Koordinaten x, y, z des Kreuzungspunkts **133** zugeordnet. Das dreidimensionale Datenmodell ist durch eine Vielzahl von Zahlentripeln repräsentiert, welche Koordinaten der Oberfläche des Objekts repräsentieren. Hierbei können einer Teilmenge der Kreuzungspunkte **133** oder sämtlichen Kreuzungspunkten noch weitere Datensätze zugeordnet sein, wie etwa Farbwerte oder andere Eigenschaften des Objekts.

[0089] Durch eine Orientierung und Positionierung einer Hauptachse **91** der Topologieaufnahmevorrichtung **81** bezüglich des Objekts **37** ist auch eine Positionierung und Orientierung einer Achse z' in dem Datenmodell festgelegt. Die Achse z' durchstößt die Ebene der Gitternetzlinien **131** in einem Punkt O und muß sich nicht unbedingt parallel zu einer Hauptachse z eines xyz -Koordinatensystems erstrecken, in welchem die Darstellung des Datenmodells errechnet ist.

[0090] Aus dem Datenmodell werden die Abbilder durch die Steuerung **31** derart generiert, daß diese das Objekt bei Betrachtung aus Blickrichtungen **103l** und **103r** repräsentieren, wobei die Blickrichtungen aufeinander zu verlaufen und den Punkt O schneiden. Hierbei schließen die beiden Richtungen **103l** und **103r** einen Winkel α , den Stereowinkel, ein.

[0091] Ähnlich wie in dem Beispiel der [Fig. 5](#) lassen sich nun Ausgangspunkte R und L für die die Richtungen **103l** und **103r** repräsentierenden Pfeile in einer zur z' -Achse orthogonalen Ebene bestimmen, in der auch eine Gerade **111** die z' -Achse durchsetzt und eine orthogonal zu der Geraden **111** orientierte Gerade **113** die beiden Durchstoßpunkte R und L verbindet. Die Generierung der den Anzeigevorrichtungen zugeführten Abbilder kann durch die Steuerung geändert werden, indem ein Abstand zwischen der Geraden **113** und der z' -Achse geändert wird, oder die Strecke RL um die Achse z' in Umfangsrichtung verlagert wird. Hierdurch wird die Stereobasis geändert.

[0092] Ähnlich wie in dem Beispiel der [Fig. 5](#) wird auch in dem Beispiel der [Fig. 7](#) die Orientierung der Geraden RL bezüglich der Achse z' eingestellt in Abhängigkeit von einer Orientierung der die beiden Schultern **102l** und **121r** durchsetzenden Geraden **123**.

[0093] Anstatt der Orientierung der Schultern **121** des Benutzers kann auch eine Orientierung jeglichen

anderen Körperteils des Benutzers zur Einstellung der Stereobasis herangezogen werden. So kann beispielsweise die Orientierung des Kopfes erfaßt werden.

[0094] Ferner kann anstatt der Orientierung des Körperteils des Benutzers auch eine Orientierung der Anzeigevorrichtung zur Einstellung der Stereobasis herangezogen werden. So kann beispielsweise eine die beiden Okulare **41a** in [Fig. 3](#) an einander entsprechenden Punkten durchsetzende Gerade **123a** die Orientierung der Ebene RLO im Raum bestimmen. Ebenso kann eine entsprechende Gerade für die kopfgetragene Anzeigevorrichtung **43** definiert werden und für die Orientierung der Ebene RLO herangezogen werden.

Patentansprüche

1. Mikroskopiesystem zur Darstellung eines Abbilds eines zu untersuchenden Objekts (**37**) zur Betrachtung durch wenigstens einen Benutzer (**44**), umfassend:

- eine Mikroskopieoptik (**3**) mit einem Objektiv (**81**) zur Abbildung des in einer Objektebene des Objektivs (**81**) anordenbaren Objekts (**37**) und wenigstens einem Visualisierungsmodul (**41**), (**43**) zur Darstellung eines Abbilds des Objekts (**37**) für den Benutzer (**44**),

- ein erstes Stativ (**5**) zur Halterung wenigstens des Objektivs (**81**) der Mikroskopieoptik (**3**) nahe dem zu untersuchenden Objekt (**37**), wobei das erste Stativ (**5**) wenigstens einen Antrieb aufweist, um das Objektiv (**81**) relativ zu dem zu untersuchenden Objekt (**37**) zu verlagern,

- eine erste Lageerfassungsvorrichtung (**51**), welche dazu ausgebildet ist, eine Lage eines Körperteils, insbesondere des Kopfes (**45**), des Benutzers (**44**) bezüglich wenigstens einem vorbestimmten ersten Ort zu erfassen, und

- ein Steuersystem (**31**), welches ein erstes Modul umfaßt, das dazu ausgebildet ist, den wenigstens einen Antrieb des ersten Stativs (**5**) im Hinblick auf eine Verlagerung des Objektivs (**81**) in Abhängigkeit von einer Verlagerung des Körperteils (**45**) des Benutzers anzusteuern,

dadurch gekennzeichnet, daß das erste Modul des Steuersystems ferner dazu ausgebildet ist, den wenigstens einen Antrieb des ersten Stativs (**5**) im Hinblick auf die Verlagerung des Objektivs (**81**) derart anzusteuern, daß ein Ausmaß der Verlagerung des Objektivs (**81**) abhängig ist von einem Ausmaß der Verlagerung des Körperteils (**45**) des Benutzers (**44**), wobei das Ausmaß der Verlagerung des Objektivs (**81**) geringer oder größer ist als das Ausmaß der Verlagerung des Körperteils (**45**).

2. Mikroskopiesystem nach Anspruch 1, wobei das Ausmaß der Verlagerung des Objektivs (**81**) geringer ist als das Ausmaß der Verlagerung des Kopf-

fes (45).

3. Mikroskopiesystem nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine Abbildungsvergrößerung der Mikroskopieoptik (3) einstellbar ist und ein Verhältnis zwischen dem Ausmaß der Verlagerung des Kopfes zu dem Ausmaß der Verlagerung des Objektivs abhängig ist von der eingestellten Abbildungsvergrößerung.

4. Mikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das erste Modul des Steuersystems ferner dazu ausgebildet ist, den wenigstens einen Antrieb des ersten Stativs im Hinblick auf die Verlagerung des Objektivs derart anzusteuern, daß eine Richtung der Verlagerung des Objektivs hinsichtlich dessen Ort oder Orientierung einer Richtung der Verlagerung des Kopfes des Benutzers hinsichtlich dessen Orts bzw. dessen Orientierung entspricht.

5. Mikroskopiesystem zur Darstellung eines Abbilds eines zu untersuchenden Objekts (37) zur Betrachtung durch wenigstens einen Benutzer (44), umfassend:

- eine Mikroskopieoptik (3) mit einem Objektiv (81) zur Abbildung des in einer Objektebene des Objektivs (81) anordenbaren Objekts (37) und wenigstens einem Visualisierungsmodul (41), (43) zur Darstellung eines Abbilds des Objekts (37) für den Benutzer (44),

- ein erstes Stativ (5) zur Halterung wenigstens des Objektivs (81) der Mikroskopieoptik (3) nahe dem zu untersuchenden Objekt (37), wobei das erste Stativ (5) wenigstens einen Antrieb aufweist, um das Objektiv (81) relativ zu dem zu untersuchenden Objekt (37) zu verlagern,

- eine erste Lageerfassungsvorrichtung (51), welche dazu ausgebildet ist, eine Lage eines Körperteils, insbesondere des Kopfes (45), des Benutzers (44) bezüglich wenigstens einem vorbestimmten ersten Ort zu erfassen, und

- ein Steuersystem (31), welches ein erstes Modul umfaßt, das dazu ausgebildet ist, den wenigstens einen Antrieb des ersten Stativs (5) im Hinblick auf eine Verlagerung des Objektivs (81) in Abhängigkeit von einer Verlagerung des Körperteils (45) des Benutzers anzusteuern,

gekennzeichnet durch einen von der ersten Lageerfassungsvorrichtung (51) separaten und durch den Benutzer betätigbaren Aktivierungssignalempfänger (63, 65) zur Bereitstellung eines Aktivierungssignals bei Betätigung durch den Benutzer (44),

wobei das erste Modul des Steuersystems dazu ausgebildet ist, den wenigstens einen Antrieb des ersten Stativs (5) lediglich bei Empfang des Aktivierungssignals im Hinblick auf die Verlagerung des Objektivs (81) anzusteuern.

6. Mikroskopiesystem nach Anspruch 5, ferner umfassend einen von dem Benutzer betätigbaren Schalter (63) zur Bereitstellung des Aktivierungssig-

nals.

7. Mikroskopiesystem nach Anspruch 6, wobei der Schalter einen Fußschalter (63) oder/und Mundschalter umfaßt.

8. Mikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 5 bis 7, ferner umfassend ein Mikrofon (66) zum Empfang eines von dem Benutzer hervorgerufenen Tons, wobei das Steuersystem (31) ein zweites Modul aufweist, welches das Aktivierungssignal in Abhängigkeit von dem empfangenen Ton bereitstellt.

9. Mikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Visualisierungsmodul wenigstens ein Okular (41) umfaßt, welches einen mit dem Objektiv gemeinsamen Strahlengang aufweist.

10. Mikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Visualisierungsmodul wenigstens eine von dem Objektiv separate Anzeigevorrichtung (41a, 43) zur Darstellung von Daten umfaßt, welche das Abbild des Objekts (37) repräsentieren.

11. Mikroskopiesystem nach Anspruch 10, wobei das Objektiv eine Topographieaufnahmevorrichtung (93, 94) oder/und wenigstens eine Kamera (90) zur Erzeugung der das Abbild des Objekts repräsentierenden Daten aufweist.

12. Mikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11, ferner umfassend ein zweites Stativ (71) zur Halterung des Visualisierungsmoduls (41a) derart, daß dieses relativ zu dem Objektiv (28a) durch den Benutzer verlagerbar ist.

13. Mikroskopiesystem nach Anspruch 12, wobei das erste Stativ (5) eine Kette aneinander angelenkter und relativ zueinander verlagerbarer Stativglieder (7a, 11a, 15a, 19a, 25a) aufweist, von denen ein Basisglied (7) für eine ortsfeste Anbringung vorgesehen ist und ein Endglied (25) das Objektiv trägt, und wobei ein von dem Basisglied (7a) verschiedenes Stativglied (15a) das zweite Stativ (71) trägt.

14. Mikroskopiesystem nach Anspruch 12 oder 13, wobei das zweite Stativ (71) das Visualisierungsmodul (41a) derart haltet, daß dieses in Umfangsrichtung um eine nahe dem Objektiv vertikal sich erstreckende Achse (23a) durch den Benutzer frei verlagerbar ist.

15. Mikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei das erste Stativ (5) wenigstens einen Antrieb aufweist, um das Objektiv relativ zu dem zu untersuchenden Objekt zu verlagern, und wobei das Mikroskopiesystem ferner ein Steuersystem mit einem ersten Modul umfaßt, das dazu ausgebildet ist, den wenigstens einen Antrieb des ersten Stativs im Hinblick auf eine Verlagerung des Objek-

tivs anzusteuern.

16. Mikroskopiesystem nach Anspruch 15, ferner umfassend eine zweite Lageerfassungsvorrichtung, welche dazu ausgebildet ist, eine Lage des Visualisierungsmoduls (**41a**) bezüglich einem vorbestimmten ersten Ort zu erfassen, wobei das erste Modul dazu ausgebildet ist, den wenigstens einen Antrieb des ersten Stativs in Abhängigkeit von einer Verlagerung des Visualisierungsmoduls anzusteuern.

17. Mikroskopiesystem nach Anspruch 15, wobei das zweite Stativ (**71**) eine durch eine Hand des Benutzers betätigbare Schalteranordnung (**79**) trägt und das erste Modul dazu ausgebildet ist, den wenigstens einen Antrieb des ersten Stativs in Abhängigkeit von einer Betätigung der Schalteranordnung anzusteuern.

18. Mikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 1 bis 17, ferner umfassend eine Lageerfassungsvorrichtung, welche dazu ausgebildet ist, einen Ort des Kopfes des Benutzers oder/und des Visualisierungsmoduls (**41a**) bezüglich einem Ort nahe dem Objekt zu erfassen, wobei die Mikroskopieoptik zur Darstellung eines stereoskopischen Abbilds des Objekts mit einer orientierten Stereobasis (**88a**, **88c**) ausgebildet ist, deren Orientierung bezüglich dem Objektiv änderbar ist, und wobei das Steuersystem ein drittes Modul umfaßt, welches dazu ausgebildet ist, die Orientierung der Stereobasis bezüglich dem Objektiv zu ändern.

19. Stereo-Bilderzeugungsverfahren zur Erzeugung wenigstens eines Paares von Abbildungen eines Objekts zur stereoskopischen Betrachtung durch wenigstens einen Benutzer, umfassend:

- Bereitstellen eines Mikroskopiesystems mit einem Objektiv (**81**), welches eine Hauptachse (**91**), eine quer zu der Hauptachse orientierte Ebene (xy) und zwei Strahlengänge (**101l**, **101r**) aufweist, deren Zentralstrahlen (**103l**, **103r**) die Ebene in im wesentlichen einem gemeinsamen Punkt (O) schneiden und welche in einer im wesentlichen gemeinsamen ersten Ebene (RLO) angeordnet sind, wobei eine Orientierung der ersten Ebene um die Hauptachse (**91**) des Mikroskops (**81**) änderbar ist,
- Bereitstellen eines Paares von Anzeigevorrichtungen (**43**; **43a**) für ein erstes bzw. ein zweites Auge des Benutzers,
- Erfassen einer Orientierung (**123**) eines Körperteils (**102l**, **121r**) des Benutzers (**41**) oder/und einer Orientierung (**123a**) des Paares von Anzeigevorrichtungen (**41a**),
- Einstellen der Orientierung der ersten Ebene (RLO) um die Hauptachse (**91**) des Mikroskops in Abhängigkeit von der erfaßten Orientierung des Körperteils des Benutzers bzw. des Paares von Anzeigevorrichtungen,

– Aufnehmen wenigstens eines ersten Bilds der Objektebene über einen ersten der beiden Strahlengänge und Darstellen eines dem ersten Bild entsprechenden ersten Abbilds des Objekts durch eine erste Anzeigevorrichtung des Paares von Anzeigevorrichtungen, sowie Aufnehmen wenigstens eines zweiten Bilds der Objektebene über einen zweiten der beiden Strahlengänge und Darstellen eines dem zweiten Bild entsprechenden zweiten Abbilds des Objekts durch die zweite Anzeigevorrichtung des Paares von Anzeigevorrichtungen.

20. Stereo-Bilderzeugungsverfahren zur Erzeugung wenigstens eines Paares von Abbildungen eines Objekts zur stereoskopischen Betrachtung durch wenigstens einen Benutzer, umfassend:

- Bereitstellen eines Mikroskopiesystems mit einer Topologieaufnahmevorrichtung (**81**) zur Erzeugung eines Topologie des Objekts repräsentierenden Datenmodells (**131**), wobei die Topologieaufnahmevorrichtung eine Hauptachse (**91**) aufweist,
- Bereitstellen eines Paares von Anzeigevorrichtungen (**43**; **43a**) für ein erstes bzw. ein zweites Auge des Benutzers,
- Erfassen einer Orientierung eines Körperteils des Benutzers oder/und einer Orientierung des Paares von Anzeigevorrichtungen,
- Erzeugen eines ersten Abbilds des Objekts aus dem Datenmodell und Darstellen des ersten Abbilds des Objekts durch eine erste Anzeigevorrichtung des Paares von Anzeigevorrichtungen, sowie Erzeugen eines zweiten Abbilds des Objekts aus dem Datenmodell und Darstellen des zweiten Abbilds des Objekts durch eine zweite Anzeigevorrichtung des Paares von Anzeigevorrichtungen, wobei die erste Darstellung und die zweite Darstellung Bilder des Objekts aus verschiedenen Blickrichtungen repräsentieren, welche sich in im wesentlichen einem gemeinsamen Punkt schneiden und welche in einer gemeinsamen ersten Ebene angeordnet sind, und wobei eine Orientierung der ersten Ebene um die Hauptachse der Topologieaufnahmevorrichtung in Abhängigkeit von der erfaßten Orientierung des Körperteils des Benutzers bzw. des Paares von Anzeigevorrichtungen, eingestellt wird.

21. Stereo-Bilderzeugungsverfahren nach Anspruch 19 oder 20, wobei die Orientierung des Rumpfes des Benutzers erfaßt wird und insbesondere die Orientierung der ersten Ebene im wesentlichen parallel zu einer linken mit einer rechten Schulter des Benutzers verbindenden Geraden eingestellt wird.

22. Stereo-Bilderzeugungsverfahren nach Anspruch 19 oder 20, wobei die Orientierung des Rumpfes des Benutzers erfaßt wird und insbesondere die Orientierung der ersten Ebene derart eingestellt wird, daß eine linke und eine rechte Schulter des Benutzers vertikal durchsetzende Ebene derart parallel verschiebbar ist, daß sie die erste Ebene entlang ei-

ner in der Objektebene liegenden Geraden schneidet.

23. Stereo-Bilderzeugungsverfahren nach Anspruch 19 oder 20, wobei die Orientierung des Paares von Anzeigevorrichtungen erfaßt wird und insbesondere die Orientierung der ersten Ebene im wesentlichen parallel zu einer die erste mit der zweiten Anzeigevorrichtung verbindenden Geraden eingestellt wird.

24. Mikroskopiesystem, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei das Mikroskopiesystem zur Ausführung des Stereo-Bilderzeugungsverfahrens nach einem der Ansprüche 19 bis 23 ausgebildet ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

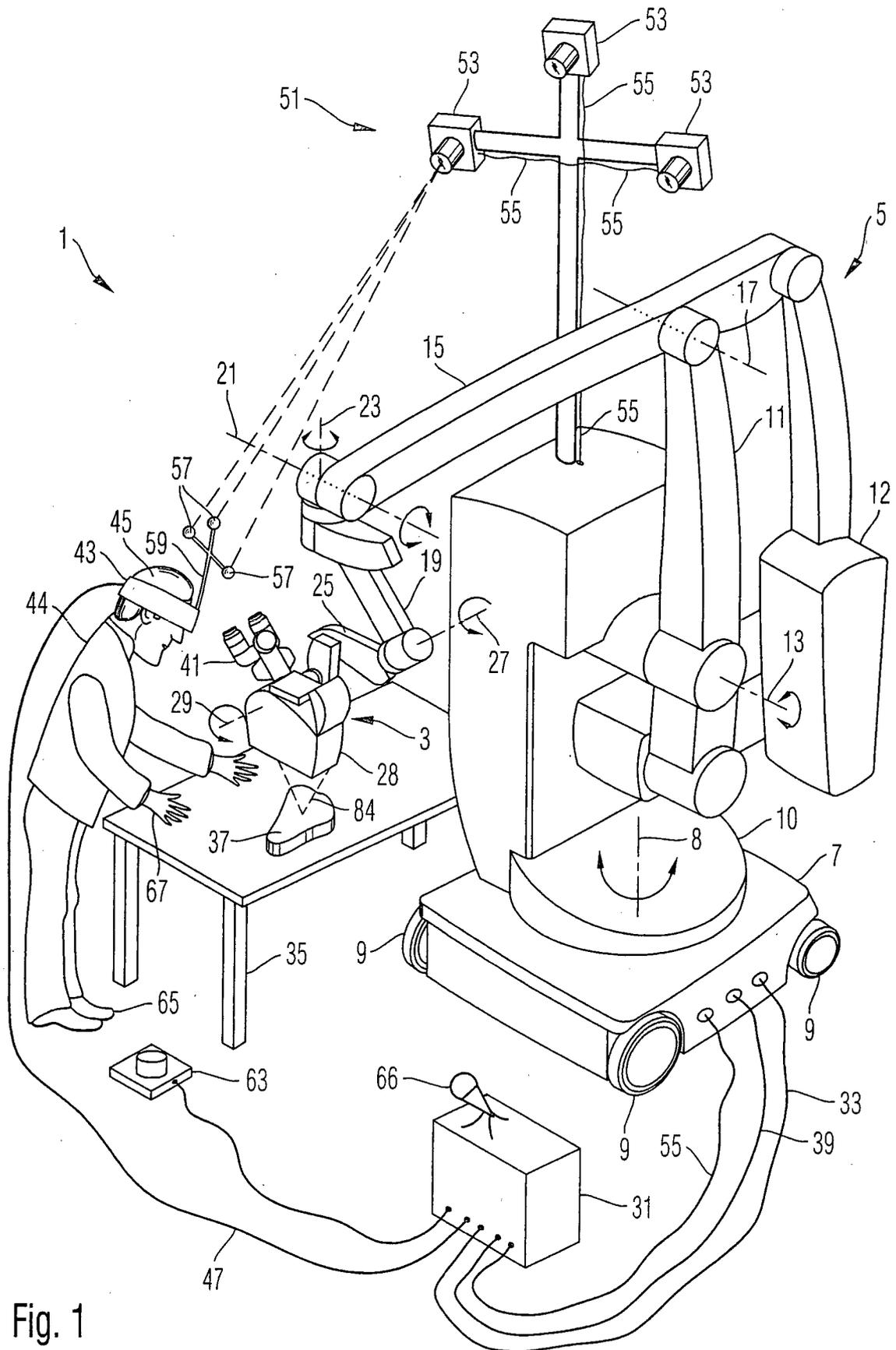


Fig. 1

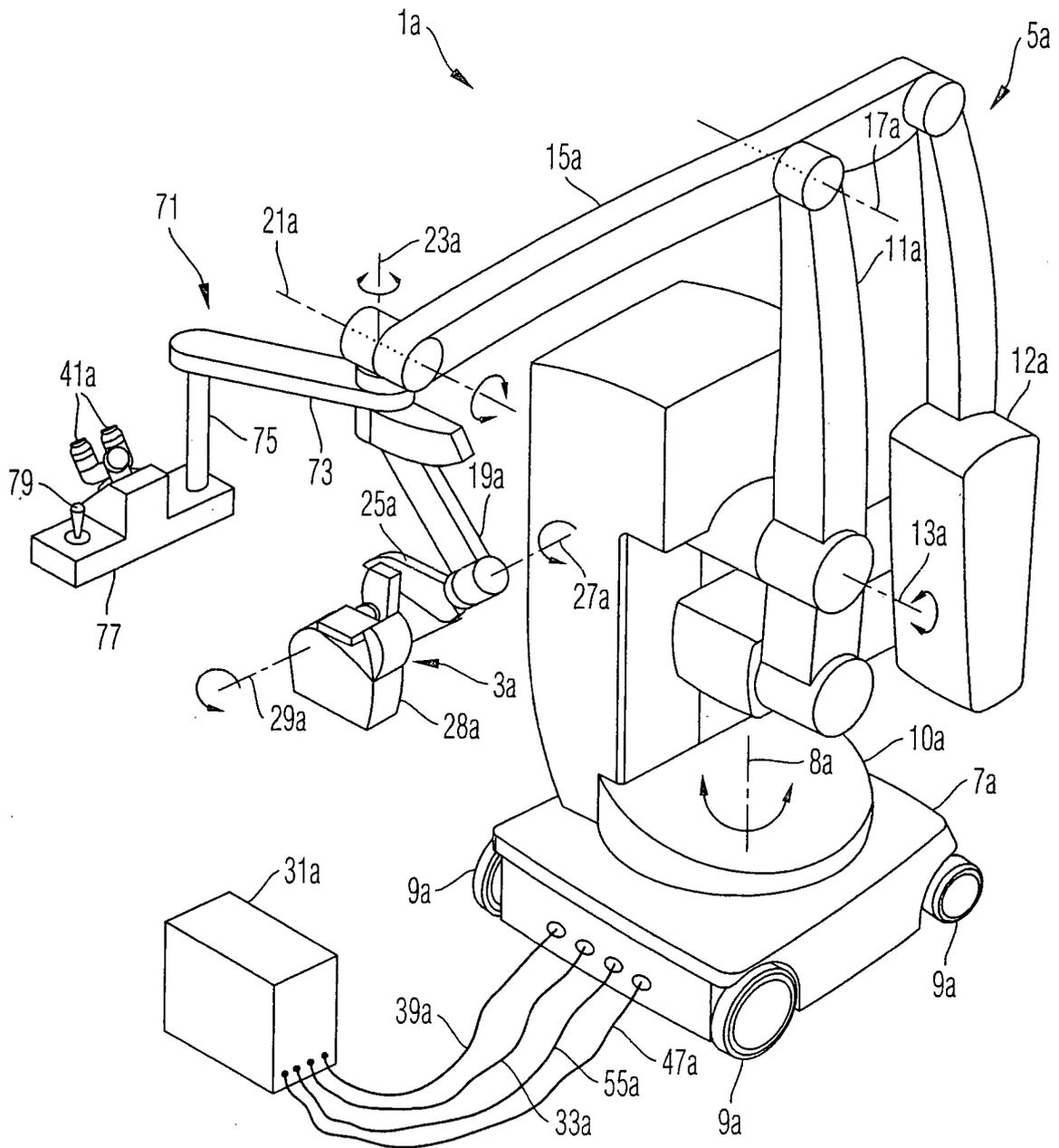


Fig. 2

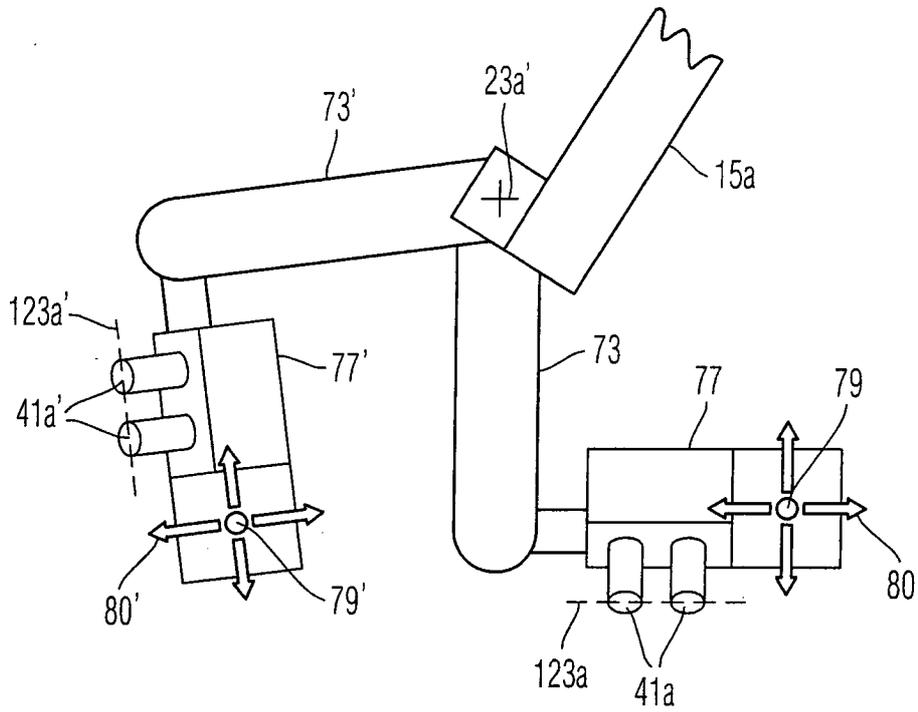


Fig. 3

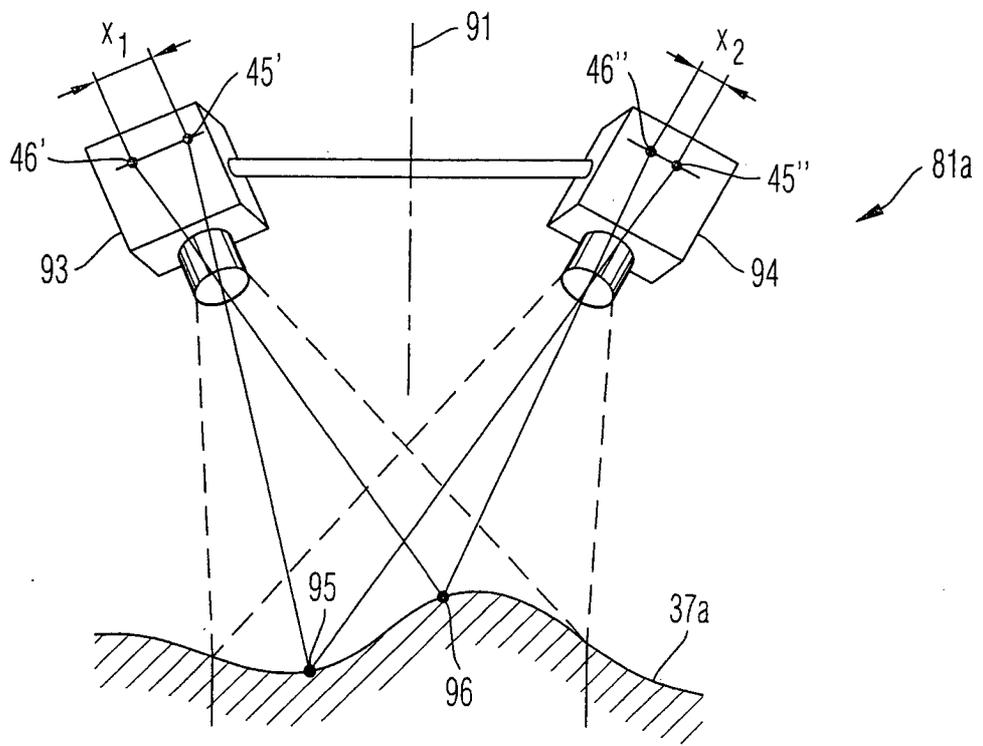


Fig. 6

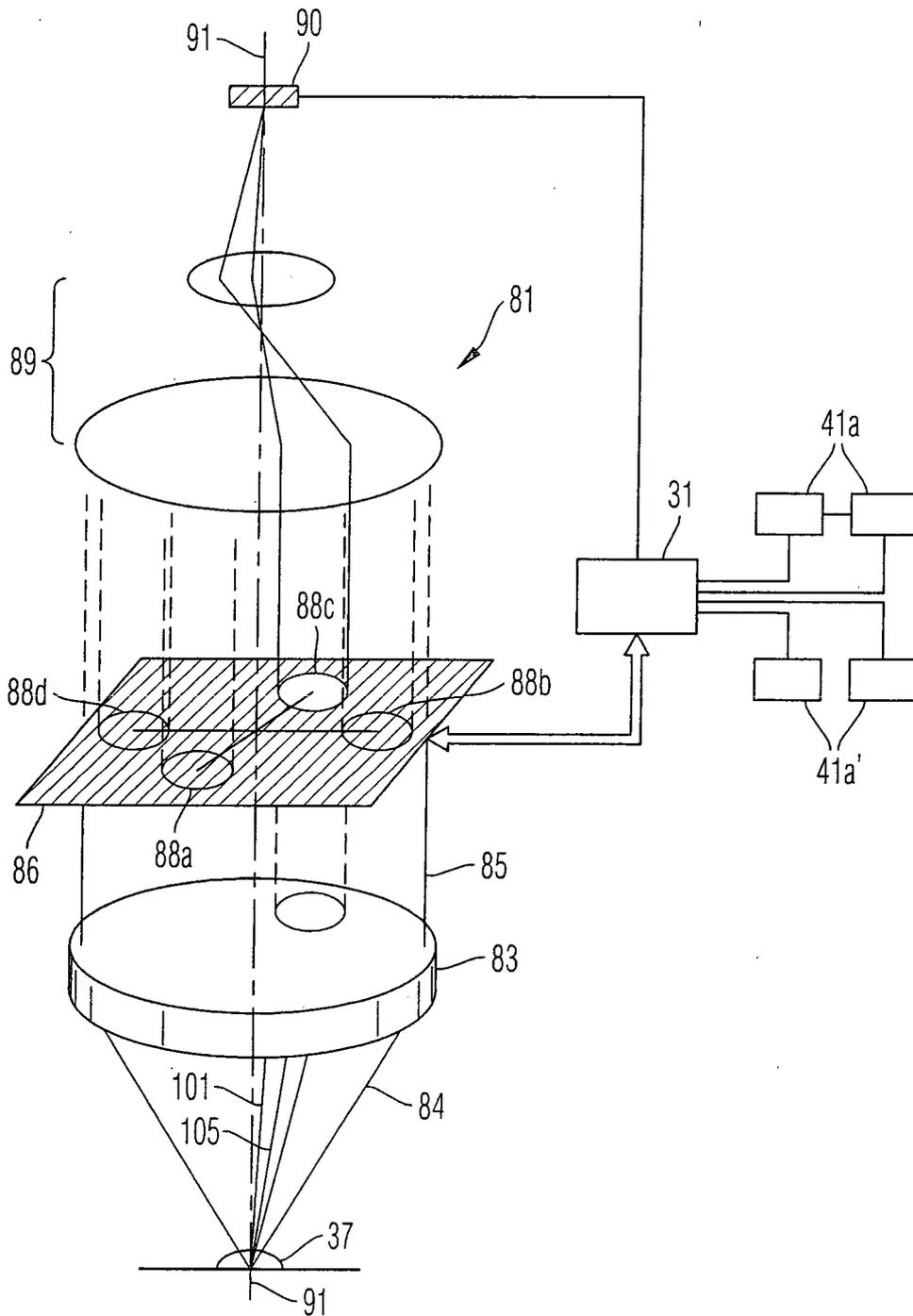


Fig. 4

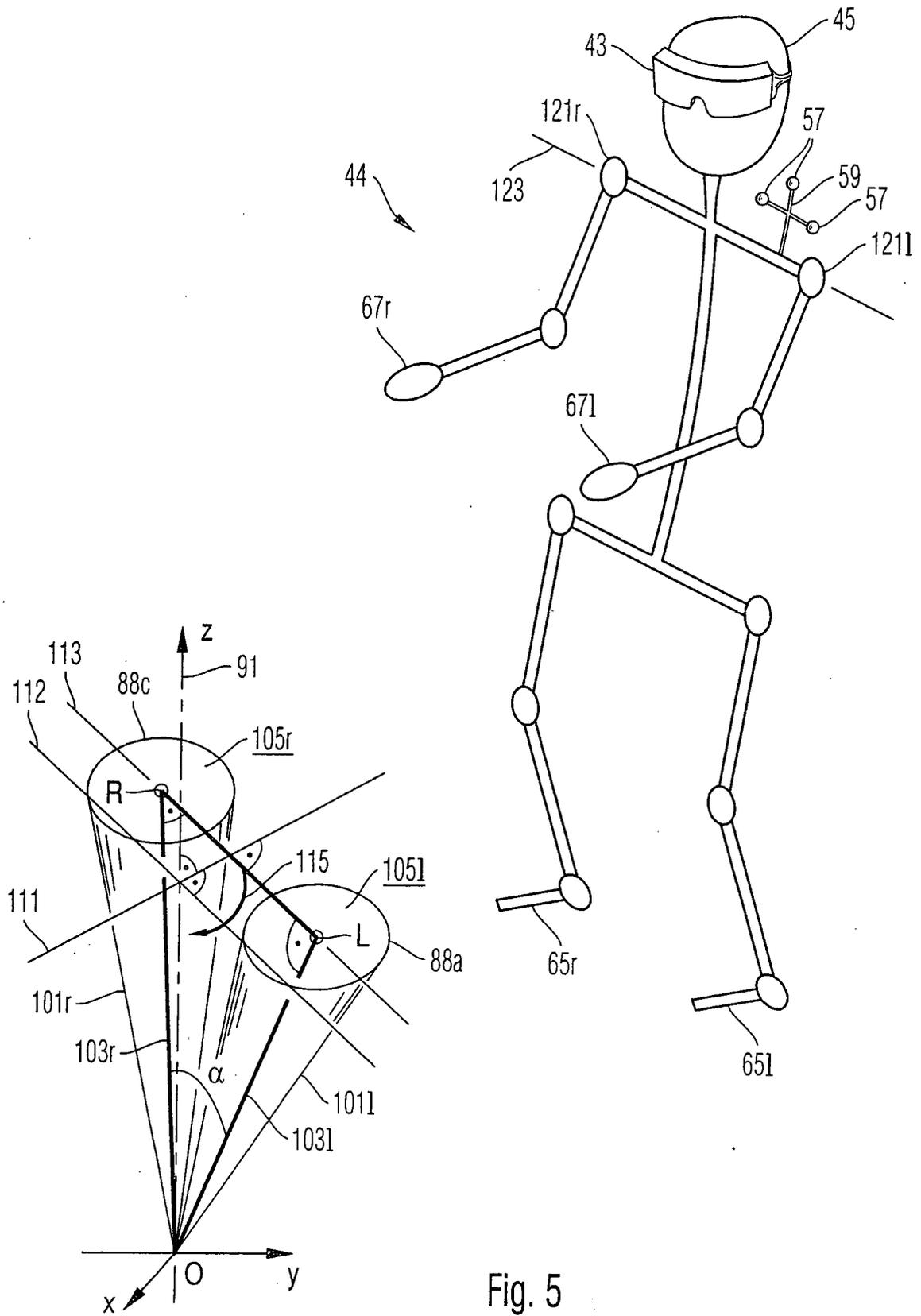


Fig. 5

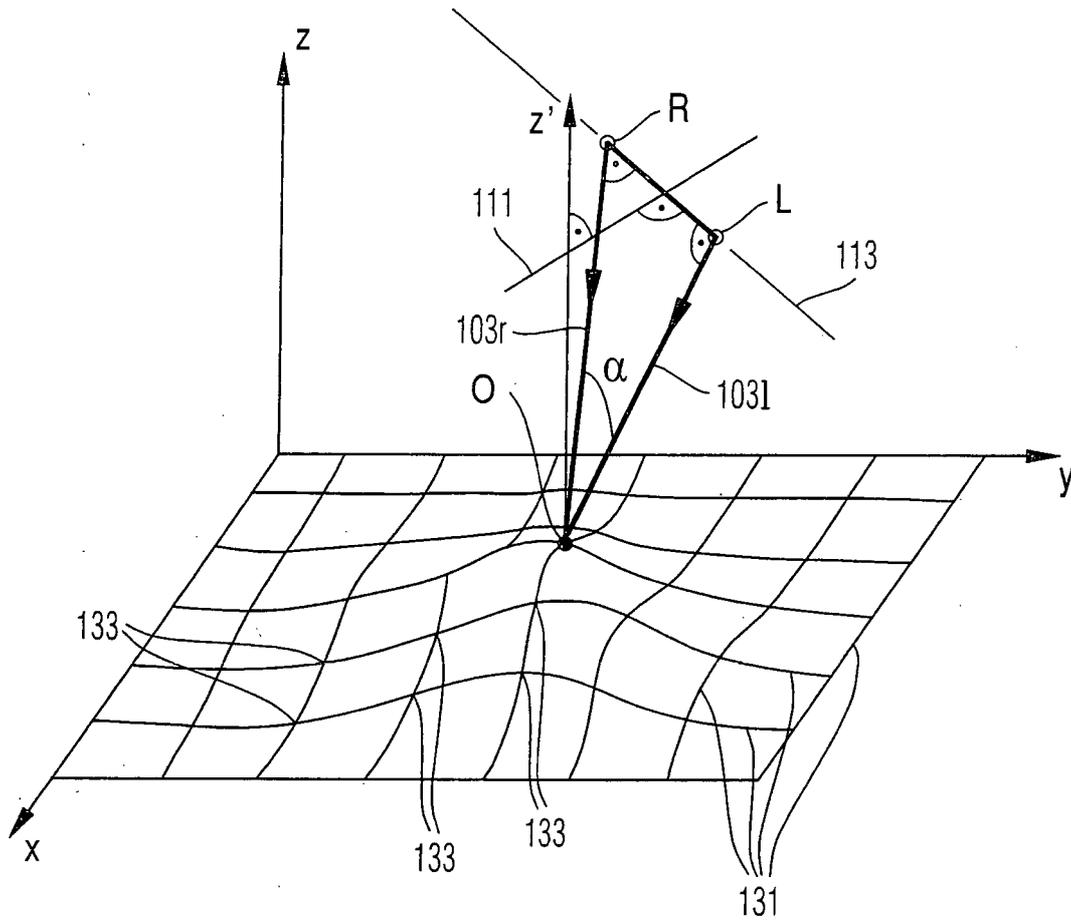


Fig. 7