



(10) **DE 10 2012 211 396 A1** 2014.04.24

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 211 396.7**
(22) Anmeldetag: **02.07.2012**
(43) Offenlegungstag: **24.04.2014**

(51) Int Cl.: **A61B 19/00** (2006.01)
A61B 17/94 (2006.01)
A61B 1/04 (2006.01)

(71) Anmelder:
Technische Universität Berlin, 10623, Berlin, DE

(74) Vertreter:
Fischer, Uwe, Dipl.-Ing. Dr.-Ing., 13597, Berlin, DE

(72) Erfinder:
Brüggemann, Daniel, 10551, Berlin, DE; Dreyer, Robert, Dr.-Ing., 14109, Berlin, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	35 12 602	A1
US	2009 / 0 043 161	A1
US	2010 / 0 048 993	A1
US	5 669 871	A
US	6 009 189	A
EP	2 163 183	A1

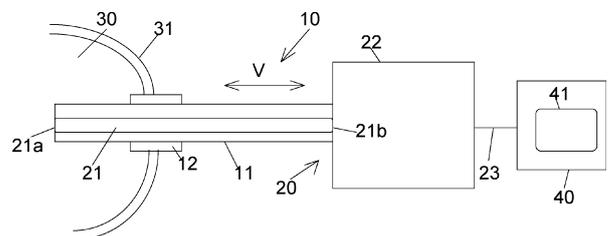
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Endoskopieeinrichtung und Endoskopieverfahren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Endoskopieeinrichtung (10) mit einer Bildaufnahmeeinrichtung (20) zum Aufnehmen eines Bildes innerhalb eines Hohlraums (30).

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass mit der Bildaufnahmeeinrichtung (20) eine Bildauswerteeinrichtung (40) in Verbindung steht, die geeignet ist, ein bei einer ersten Position der Bildaufnahmeeinrichtung (20) aufgenommenes, den Hohlraum (30) zeigendes erstes Bild und ein bei einer zweiten, gegenüber der ersten Position entlang der optischen Achse (O) der Bildaufnahmeeinrichtung (20) verschobenen Position der Bildaufnahmeeinrichtung (20) aufgenommenes zweites Bild auf das Vorhandensein mindestens einer markanten Landmarke (L, L1, L2, L3) in beiden Bildern hin auszuwerten und eine Verschiebung der markanten Landmarke (L, L1, L2, L3) relativ zur optischen Achse (O) oder relativ zu einer anderen markanten Landmarke (L, L1, L2, L3) in den zumindest zwei Bildern quantitativ zu erfassen und unter Berücksichtigung der erfolgten Verschiebung der Bildaufnahmeeinrichtung (20) den Abstand zwischen der Bildaufnahmeeinrichtung (20) und der markanten Landmarke (L, L1, L2, L3) oder den Abstand zwischen der einen und der anderen markanten Landmarke zu berechnen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Endoskopieeinrichtung mit einer Bildaufnahmeeinrichtung zum Aufnehmen eines Bildes innerhalb eines Hohlraums.

[0002] Die minimal-invasive Chirurgie hat sich in den letzten Jahrzehnten sehr weit verbreitet und ist in vielen Bereichen zum Standardverfahren geworden. Trotz vieler Vorteile besitzt das Verfahren auch einige Nachteile, wobei die eingeschränkte Tiefenwahrnehmung von vielen Operateuren als besonders kritisch empfunden wird. Es existieren zwar verschiedene Ansätze, dieses Problem zu lösen, beispielsweise gerichteter Schattenwurf oder die Verwendung von zwei Optikkanälen zur Erzeugung stereoskopischer Bilder. Insbesondere stereoskopische Techniken sind jedoch wegen eines erhöhten Fertigungsaufwandes mit gesteigerten Kosten für das Endoskop verbunden. Weiterhin sind stereoskopische Bilder in hoher Qualität derzeit nur mit Hilfsmitteln wie Polarisations- oder Shutterbrillen zu betrachten, die von den Ärzten als unpraktisch empfunden werden.

[0003] In vielen Fällen ist eine vollständige dreidimensionale Ansicht gar nicht erforderlich, es ist vielmehr ausreichend, dem Operateur den Abstand zwischen Endoskopspitze und Gewebe in der gewohnten zweidimensionalen Ansicht einzublenden, um die Orientierung zu verbessern und somit das Risiko einer Verletzung für den Patienten deutlich zu verringern.

[0004] Die Abstandsmessung sollte hierbei berührungslos erfolgen, um das Gewebe nicht zu schädigen und den gesamten Arbeitsraum für die Instrumente frei zu halten. Die Integration typischer berührungsloser Abstandsmesser wie Ultraschall- oder Triangulationssensoren ist aufgrund des sehr knappen Bauraums schwierig. In Zukunft wird der Bauraum noch knapper werden, da die Ärzte immer dünnere Endoskope bevorzugen, welche es ermöglichen, schwierig zu erreichende oder winzige Regionen zu operieren. Weiterhin erfordern die filigranen Endoskope bei Standardeingriffen kleinere Inzisionen mit dem Resultat eines kosmetisch fast nicht sichtbaren Eingriffs. In der Laparoskopie werden daher verstärkt fünf-Millimeter-Endoskope statt der bisher gebräuchlichen zehn-Millimeter-Endoskope eingesetzt.

[0005] Auch in der technischen Endoskopie bietet die Kenntnis des Objektabstands deutliche Vorteile. Zum einen kann die Navigation für den Bediener vereinfacht werden, zum anderen lässt sich die Größe von Objekten besser abschätzen, wenn deren Abstand bekannt ist.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Endoskopieeinrichtung anzugeben, die eine bessere Orientierung im Inneren eines Hohlraumes ermöglicht als bisherige Endoskopieeinrichtungen.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Endoskopieeinrichtung mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Endoskopieeinrichtung sind in Unteransprüchen angegeben.

[0008] Danach ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass mit der Bildaufnahmeeinrichtung eine Bildauswerteeinrichtung in Verbindung steht, die geeignet ist, ein bei einer ersten Position der Bildaufnahmeeinrichtung aufgenommenes, den Hohlraum zeigendes erstes Bild und ein bei einer zweiten, gegenüber der ersten Position entlang der optischen Achse der Bildaufnahmeeinrichtung verschobenen Position der Bildaufnahmeeinrichtung aufgenommenes zweites Bild auf das Vorhandensein mindestens einer markanten Landmarke in beiden Bildern hin auszuwerten und eine Verschiebung der markanten Landmarke relativ zur optischen Achse oder relativ zu einer anderen markanten Landmarke in den zumindest zwei Bildern quantitativ zu erfassen und unter Berücksichtigung der erfolgten Verschiebung der Bildaufnahmeeinrichtung den Abstand zwischen der Bildaufnahmeeinrichtung und der markanten Landmarke oder den Abstand zwischen der einen und der anderen markanten Landmarken zu berechnen. Unter dem Begriff "Landmarken" sind charakteristische Bildinhalte, z. B. Blutgefäße oder Organgrenzen im Falle einer medizinischen Endoskopie, zu verstehen.

[0009] Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Endoskopieeinrichtung besteht darin, dass diese eine berührungslose Abstandsmessung ermöglicht und dabei ohne zusätzliche Bauteile an der Endoskopspitze auskommt. Zur Bestimmung eines Abstands, sei es der Abstand zwischen der Bildaufnahmeeinrichtung und einer markanten Landmarke oder der Abstand zwischen zwei markanten Landmarken, wird zunächst ein Endoskopbild aufgenommen und von einem Bilderkennungsalgorithmus auf charakteristische Bildinhalte untersucht. Sobald mindestens eine Landmarke gefunden wurde, kann anschließend das Endoskop um einen definierten Weg längs der optischen Achse verschoben und ein weiteres Endoskopbild aufgenommen werden. In diesem weiteren Endoskopbild werden die im ersten Bild identifizierten Landmarken gesucht und lokalisiert. Anschließend kann der Abstand zwischen der Landmarke und der optischen Achse ermittelt werden. Alternativ

oder zusätzlich kann der Abstand zwischen Landmarken ermittelt werden, wenn in den beiden Endoskopbildern zwei oder mehr Landmarken identifiziert worden sind. Die Erfindung macht sich zunutze, dass aufgrund des zwischen den beiden Endoskopbildern veränderten Objektabstands ein unterschiedlicher Abbildungsmaßstab vorliegt, so dass die Abstände der Landmarken zur optischen Achse oder zwischen denselben Landmarken in beiden Bildern unterschiedlich sein müssen, wobei die Landmarke bzw. das durch die Landmarke visualisierte Objekt als solches unverändert bleibt. Der in dieser Weise ermittelte Abstand zwischen Endoskop und Objekt und/oder zwischen Objekten kann dem Nutzer der Endoskopieeinrichtung, also beispielsweise einem Chirurgen, zur besseren Orientierung innerhalb des Hohlraumes und Durchführung seiner operativen Eingriffe angezeigt werden.

[0010] Für einen Einsatz im medizinischen Bereich wird es als vorteilhaft angesehen, wenn die Bildauswerteinrichtung geeignet ist, ein Blutgefäß oder eine Organgrenze in einem menschlichen oder tierischen Körperhohlraum als markante Landmarke zur Abstandsmessung heranzuziehen.

[0011] Mit Blick auf die Ausgestaltung der Bildauswerteinrichtung wird es als vorteilhaft angesehen, wenn diese eine Rechneinrichtung umfasst, die derart programmiert ist, dass sie im Rahmen eines Mustererkennungsverfahrens markante Landmarken in Bildern erkennen und eine in einem Bild erkannte markante Landmarke in einem anderen Bild wiedererkennen kann.

[0012] Besonders bevorzugt ist die Rechneinrichtung derart programmiert, dass sie den Abstand zwischen der markanten Landmarke und der Bildaufnahmeeinrichtung ermitteln kann gemäß:

$$a_2 = \frac{y'_1 \cdot \Delta a}{y'_2 - y'_1}$$

wobei a_2 den Abstand zwischen der markanten Landmarke und der Bildaufnahmeeinrichtung nach der Verschiebung, Δa die Verschiebung der Bildaufnahmeeinrichtung entlang der optischen Achse, y'_1 die Bildgröße vor der Verschiebung und y'_2 die Bildgröße nach der Verschiebung bezeichnen.

[0013] Um sicherzustellen, dass sich in den Bildern erkannte Merkmale tatsächlich auf dieselben Landmarken beziehen und in den Bildern tatsächlich dieselben Landmarken identifiziert wurden, wird es als vorteilhaft angesehen, wenn eine Plausibilitätsprüfung möglich ist. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Bildauswerteinrichtung in beiden Bildern jeweils zwischen zumindest drei markanten Landmarken ermittelte Verbindungslinien auf eine Winkelabweichung oder eine Abweichung der Streckungsverhältnisse in den beiden Bildern untersucht und ausschließlich im Falle, dass die Winkelabweichung und/oder die Streckungsabweichung ein vorgegebenes Maß unterschreitet oder zumindest nicht überschreitet, die markanten Landmarken zur Abstands- und/oder Größenbestimmung heranzieht.

[0014] Um ein definiertes Verschieben der Bildaufnahmeeinrichtung zu ermöglichen, wird es als vorteilhaft angesehen, wenn die Endoskopieeinrichtung eine Verschiebeeinrichtung aufweist, die ein Verschieben der Bildaufnahmeeinrichtung entlang der optischen Achse ermöglicht.

[0015] Die Verschiebeeinrichtung umfasst vorzugsweise einen hydraulischen, pneumatischen, elektromagnetischen oder piezoelektrischen Linearantrieb oder einen rotatorischen Antrieb mit Spindel.

[0016] Mit Blick auf ein reproduzierbares Verschieben der Bildaufnahmeeinrichtung wird es als vorteilhaft angesehen, wenn die Endoskopieeinrichtung zumindest eine Markierung, zumindest einen mechanischen Endanschlag, zumindest einen Endschalter oder zumindest ein Wegmesssystem aufweist, mit dem oder der sich eine Verschiebung der Bildaufnahmeeinrichtung entlang der optischen Achse messen oder auf ein vorgegebenes Maß begrenzen lässt.

[0017] Darüber hinaus wird es als vorteilhaft angesehen, wenn die Bildauswerteinrichtung geeignet ist, mit den gemessenen Abständen und/oder Objektgrößen ein dreidimensionales Modell des Inneren des Hohlraums oder eines im Inneren des Hohlraums befindlichen Objekts zu erstellen.

[0018] Die Erfindung bezieht sich außerdem auf ein Endoskopieverfahren, bei dem mit einer Bildaufnahmeeinrichtung ein Bild eines Hohlraums aufgenommen wird. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass ein bei einer ersten Position der Bildaufnahmeeinrichtung aufgenommenes, den Hohlraum zeigendes erstes Bild und ein bei einer gegenüber der ersten Position entlang der optischen Achse der Bildaufnahmeeinrichtung verschobenen

zweiten Position der Bildaufnahmeeinrichtung aufgenommenes zweites Bild auf das Vorhandensein mindestens einer markanten Landmarke in beiden Bildern hin ausgewertet wird, eine Verschiebung der markanten Landmarke relativ zur optischen Achse oder relativ zu einer anderen Landmarke in den zumindest zwei Bildern quantitativ erfasst wird und unter Berücksichtigung der erfolgten Verschiebung der Bildaufnahmeeinrichtung der Abstand zwischen der Bildaufnahmeeinrichtung und der markanten Landmarke oder der Abstand zwischen der einen und der anderen Landmarke berechnet wird.

[0019] Bezüglich der Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens sei auf die obigen Ausführungen im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Endoskopieeinrichtung verwiesen, da die Vorteile der erfindungsgemäßen Endoskopieeinrichtung denen des erfindungsgemäßen Verfahrens im Wesentlichen entsprechen.

[0020] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert; dabei zeigen beispielhaft

[0021] Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Endoskopieeinrichtung, anhand derer auch das erfindungsgemäße Verfahren beispielhaft erläutert wird,

[0022] Fig. 2 beispielhaft ein erstes aufgenommenes Bild vor der Bestimmung markanter Landmarken,

[0023] Fig. 3 in dem ersten Bild gemäß Fig. 2 erfasste Landmarken,

[0024] Fig. 4 beispielhaft ein zweites aufgenommenes Bild vor der Bestimmung markanter Landmarken,

[0025] Fig. 5 in dem zweiten Bild gemäß Fig. 4 erfasste Landmarken,

[0026] Fig. 6 die Abstandsermittlung beispielhaft für den Fall, dass der Abstand einer Landmarke zur optischen Achse für die Abstandsermittlung ausgewertet wird,

[0027] Fig. 7 die Abstandsermittlung beispielhaft basierend auf Landmarkenabständen untereinander,

[0028] Fig. 8 eine Plausibilitätsprüfung anhand der Verbindungslinien von Landmarken und

[0029] Fig. 9 ein zweites Ausführungsbeispiel für eine Endoskopieeinrichtung.

[0030] In den Figuren werden der Übersicht halber für identische oder vergleichbare Komponenten stets dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0031] In der Fig. 1 sieht man ein Ausführungsbeispiel für eine Endoskopieeinrichtung **10**. Diese umfasst eine Bildaufnahmeeinrichtung **20** zum Aufnehmen eines Bildes innerhalb eines Hohlraums **30**, beispielsweise innerhalb eines menschlichen oder tierischen Körpers **31**. Zur Bildaufnahmeeinrichtung **20** gehört u. a. ein optisches System, beispielsweise in Form eines Stablinzensystems (Stablinosenanordnung) **21**, das mit einem Ende **21a** in den Hohlraum **30** eingeführt ist und sich mit seinem anderen Ende **21b** außerhalb des Hohlraums **30** befindet. Mit dem Stablinzensystem **21** steht eine Kamera **22** in Verbindung, die das über das Stablinzensystem **21** übertragene Bild vom Inneren des Hohlraumes **30** aufnimmt. Das Stablinzensystem **21** ist in einem Endoskopschaft **11** der Endoskopieeinrichtung **10** geführt, das über einen Trokar **12** in den Körper **31** bzw. den Hohlraum **30** eingeführt ist.

[0032] Mit der Kamera **22** der Bildaufnahmeeinrichtung **20** steht über ein Kabel **23** eine Bildauswerteinrichtung **40** in Verbindung. Die Bildauswerteinrichtung **40** umfasst vorzugsweise eine Rechneinrichtung **41**, die dazu programmiert ist, ein bei einer ersten Position der Bildaufnahmeeinrichtung **20** aufgenommenes erstes Bild und ein bei einer zweiten, gegenüber der ersten Position entlang der optischen Achse der Bildaufnahmeeinrichtung **20** verschobenen Position aufgenommenes zweites Bild auf das Vorhandensein mindestens einer markanten Landmarke in beiden Bildern hin auszuwerten.

[0033] Die Fig. 2 zeigt beispielhaft ein erstes aufgenommenes Bild vor der Bestimmung der markanten Landmarken. In der Fig. 3 sind die von der Bildauswerteinrichtung **40** erfassten Landmarken mit den Bezugszeichen L1, L2, L3 und L4 markiert.

[0034] Die Fig. 4 zeigt beispielhaft das zweite aufgenommene Bild vor der Bestimmung der markanten Landmarken. In der Fig. 5 sind die von der Bildauswerteinrichtung **40** erfassten Landmarken ebenfalls mit den Be-

zugszeichen L1, L2 und L3 markiert, da sie mit den Landmarken L1, L2 und L3 in **Fig. 3** identisch sind. Die Landmarke L4 ist aufgrund des verkleinerten Bildausschnitts in **Fig. 5** nicht sichtbar.

[0035] Die Bildauswertereinrichtung **40** ermittelt anschließend eine Verschiebung der markanten Landmarken relativ zur optischen Achse oder relativ zu den anderen markanten Landmarken in den zumindest zwei Bildern quantitativ und berechnet unter Berücksichtigung der erfolgten Verschiebung der Bildaufnahmeeinrichtung **20** den Abstand zwischen der Bildaufnahmeeinrichtung **20** und den markanten Landmarken oder den Abstand zwischen den markanten Landmarken.

[0036] Im Folgenden wird die Abstandsermittlung beispielhaft näher im Detail erläutert. Die **Fig. 6** zeigt hierzu beispielhaft den Fall, dass der Abstand der Landmarken zur optischen Achse O für die Abstandsermittlung herangezogen wird. Die **Fig. 7** stellt beispielhaft den Fall der Abstandsmessung basierend auf den Landmarkenabständen untereinander dar. Der Abstand der Landmarken zur optischen Achse O bzw. zweier Landmarken zueinander wird in den **Fig. 6** und **Fig. 7** jeweils als Objektgröße y bezeichnet.

[0037] Die obere Darstellung in den **Fig. 6** und **Fig. 7** zeigt jeweils die Abbildung y'_1 der Objektgröße y vor der Verschiebung der Bildaufnahmeeinrichtung **20** und die untere Darstellung die Abbildung y'_2 der Objektgröße y nach der Verschiebung der Bildaufnahmeeinrichtung **20**. Die Konstruktionsstrahlen zur Bestimmung des Bildes B sind mit dem Bezugszeichen K gekennzeichnet. Eine zur Bildaufnahmeeinrichtung **20** gehörende Linse trägt das Bezugszeichen **25**, und die Hauptebene der Linse **25** ist mit dem Bezugszeichen H gekennzeichnet.

[0038] In der ersten Position vor der Verschiebung der Bildaufnahmeeinrichtung (nachfolgend kurz Position 1 genannt) gilt für beide **Fig. 6** und **Fig. 7**:

$$\frac{y'_1}{y} = \frac{a'_1}{a_1} \quad (1)$$

[0039] Dabei bezeichnet a_1 die Objektweite (Abstand zwischen der Bildaufnahmeeinrichtung **20** und dem Objekt), a'_1 die Bildweite, y die Objektgröße und y'_1 die Bildgröße.

[0040] Entsprechend gilt nach einem Verschieben der Bildaufnahmeeinrichtung **20** für die zweite Position (nachfolgend kurz Position 2 genannt):

$$\frac{y'_2}{y} = \frac{a'_2}{a_2} \quad (2)$$

[0041] Dabei bezeichnet a_2 die Objektweite, a'_2 die Bildweite und y'_2 die Bildgröße, jeweils nach der Verschiebung.

[0042] Die Endoskopverschiebung Δa ist

$$\Delta a = a_1 - a_2 \quad (3)$$

[0043] Für eine Fixfokus-Optik gilt

$$a'_1 = a'_2 \quad (4)$$

[0044] Formeln (1) und (2) können nach a'_1 bzw. a'_2 umgestellt und anschließend unter Ausnutzung von (4) gleichgesetzt werden. Einsetzen des Zusammenhangs (3) für a_2 liefert

$$y'_1 a_1 = y'_2 (a_1 - \Delta a) \quad (5)$$

[0045] Umformen von (5) liefert die Objektweite in Position 1:

$$a_1 = \frac{y'_2 \cdot \Delta a}{y'_2 - y'_1} \quad (6)$$

[0046] Entsprechend gilt für die Objektweite in Position 2:

$$a_2 = \frac{y'_1 \cdot \Delta a}{y'_2 - y'_1} \quad (7)$$

[0047] Wird eine Fixfokus-Optik verwendet, sollte der Objektstand sowohl vor als auch nach der Verschiebung im Bereich der Tiefenschärfe liegen. Bei Verwendung einer Optik mit variablem Fokus sollte diese gegebenenfalls nachfokussiert werden. Hierbei kann es zu einer kleinen Änderung der Brennweite und damit des Abbildungsmaßstabs kommen. Je nach der zu erzielenden Genauigkeit kann dies bei der Berechnung des Abstands herausgerechnet werden.

[0048] Die Endoskopverschiebung kann manuell oder automatisiert erfolgen, wobei jeweils entweder eine Verschiebung um eine vorgegebene Strecke einzustellen oder die Verschiebung frei wählbar ist.

[0049] Erfolgt eine manuelle Verschiebung um eine fest vorgegebene Strecke, kann dies durch mechanische Anschläge oder optische Markierungen an der Endoskopieeinrichtung **10**, den Trokar **12** oder ein zusätzliches Bauteil erleichtert werden.

[0050] Zur Messung einer frei wählbaren Verschiebung kann ein vom Operateur ablesbarer Längenmaßstab in Kombination mit manueller Werteingabe oder ein geeignetes Wegmesssystem mit direkter Ankopplung an die Bildauswerteinrichtung **40** benutzt werden, wobei sämtliche Arten von Wegmesssystemen nutzbar sind, beispielsweise resistive, induktive, optische oder magnetische inkrementelle Verfahren.

[0051] Zur automatisierten Endoskopverschiebung können beliebige Aktoren, z. B. Lineardirektantriebe, pneumatische Aktoren oder Elektromotoren in Kombination mit einer Spindel, verwendet werden.

[0052] Zur Erzielung eines fest vorgegebenen Verschiebewegs können mechanische Endanschläge oder jede Form von Endschaltern oder Wegmesssystemen verwendet werden. Zur Erfassung einer automatisiert gefahrenen frei wählbaren Strecke ist wiederum jedes geeignete Wegmesssystem nutzbar, insbesondere auch Drehencoder im Motor bei bekannter Spindelsteigung.

[0053] Das Wegmesssystem und gegebenenfalls der Antrieb können als Teil des Trokars **12**, des Endoskops **10** oder als eigenständige Baugruppe ausgeführt sein.

[0054] Der Algorithmus zum Finden und Wiederfinden der Landmarken sollte vorzugsweise so gestaltet sein, dass er mehr als nur die mindestens erforderlichen ein bzw. zwei Landmarken liefert, damit die Funktion zur Abstandsmessung auch dann sichergestellt ist, wenn ein Teil der Landmarken in dem zweiten Bild nicht zu erkennen ist. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn sich eine Landmarke am Bildrand befindet und sich der Bildausschnitt durch Verschieben des Endoskops in Richtung Objekt verkleinert oder die Landmarke in einem unter- oder überbelichteten Bereich liegt.

[0055] Weiterhin sollte der Algorithmus, insbesondere bei manueller Verschiebung des Endoskops, vorzugsweise robust gegenüber leichten Schwenks und Verkippungen des Endoskops sein, um eine korrekte Funktion auch dann zu gewährleisten, wenn die Verschiebung nicht ausschließlich entlang der optischen Achse erfolgt.

[0056] Die korrekte Zuordnung der Landmarken in beiden Bildern kann darüber hinaus durch einen Algorithmus überprüft werden, in dem die Verbindungslinien der einzelnen Landmarken mit der optischen Achse oder der Landmarken untereinander analysiert werden; dies zeigt beispielhaft die **Fig. 8**. Man sieht in der **Fig. 8** links drei Landmarken L sowie die Verbindungslinien V, die die Landmarken L verbinden. In der Mitte der **Fig. 8** erkennt man dieselben Landmarken L wie links im Falle einer Verschiebung der Bildaufnahmeeinrichtung ohne eine Verkippung, und in der **Fig. 8** rechts sieht man dieselben Landmarken L im Falle einer Verkippung um die optische Achse.

[0057] Bei rein axialer Verschiebung der Endoskopieeinrichtung **10** skalieren alle Abstände mit dem gleichen Faktor und die Ausrichtung der Verbindungslinien V bleibt in beiden Bildern erhalten (vgl. **Fig. 8**, Darstellungen links und Mitte).

[0058] Bei einer zusätzlichen Verkippung der Endoskopieeinrichtung **10** um ihre Längsachse werden sämtliche Verbindungslinien V um den gleichen Winkel gedreht, so dass die Winkel zwischen den Verbindungslinien V konstant bleiben (vgl. **Fig. 8**, Darstellungen links und rechts). Ein leichter Schwenk der Endoskopieeinrichtung **10** führt zu einer Verschiebung sämtlicher Punkte im Bild in die gleiche Richtung und, sofern diese

die gleiche Objektweite besitzen, um den gleichen Betrag, so dass auch hier die Winkel zwischen den Verbindungslinien untereinander erhalten bleiben.

[0059] Vorzugsweise werden in den Bildern jeweils zwischen zumindest drei markanten Landmarken L ermittelte Verbindungslinien V auf eine Winkelabweichung oder eine Abweichung der Streckungsverhältnisse in den beiden Bildern untersucht und ausschließlich im Falle, dass die Winkelabweichung und/oder die Streckungsabweichung ein vorgegebenes Maß unterschreitet oder zumindest nicht überschreitet, die markanten Landmarken zur Abstands- und/oder Größenbestimmung herangezogen.

[0060] Wird nur eine Landmarke und deren Abstand zur optischen Achse oder zwei Landmarken und deren Abstand zueinander für die Abstandsbestimmung benutzt, kann nur der Objektabstand in der Ebene der Landmarke bzw. der Landmarken angegeben werden. Da die Oberflächen vieler Organe jedoch gekrümmt sind, kann es sinnvoll sein, eine Vielzahl von Landmarken zu verwenden und die daraus berechneten unterschiedlichen Tiefenebenen separat anzugeben. Ebenso ist es dann möglich, die Tiefenebenen nicht nur anzuzeigen, sondern daraus eine topographische Karte oder eine dreidimensionale Oberflächenrekonstruktion zu erstellen. Auf diese kann das zweidimensionale Endoskopbild bei Bedarf als Textur gelegt werden.

[0061] Weiterhin kann bei bekanntem Objektabstand aus der Bildgröße die Objektgröße gemäß der Formel

$$y' = y \cdot a' / a$$

berechnet werden. Hierdurch ist es möglich, die Größe von Strukturen zu vermessen oder Abstände zwischen Objekten zu bestimmen. Diese Informationen können in das Endoskopbild eingeblendet oder einer weiteren Informationsverarbeitung zugeführt werden. Die Auswahl der zu vermessenden Objekte kann manuell oder automatisch durch Bildverarbeitungsalgorithmen erfolgen.

[0062] Anstelle des Stablinsensystems **21** können auch andere Arten von optischen Systemen eingesetzt werden, beispielsweise Lichtleitfasern oder Lichtleitfaserbündel. Ein Stablinsensystem, wie das Stablinsensystem **21** gemäß **Fig. 1** wird vorzugsweise bei starren Endoskopieeinrichtungen eingesetzt; im Falle von flexiblen Endoskopieeinrichtungen wird vorzugsweise ein Lichtleitfaserbündel als optisches System eingesetzt.

[0063] Die **Fig. 9** zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel für eine Endoskopieeinrichtung **10**. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Bildaufnahmeeinrichtung **20**, die durch eine Kamera **22** gebildet wird, am Ende des Endoskopschafts **11** angebracht und befindet sich somit innerhalb des Hohlraums **30**. Die Kamera **22** steht über eine beispielsweise elektrische oder optische Signalleitung **26** mit der Bildauswerteeinrichtung **40** in Verbindung. Im Übrigen gelten die Erläuterungen im Zusammenhang mit den **Fig. 1–Fig. 8** hier entsprechend.

[0064] Die Endoskopieeinrichtung **10** sowie das entsprechende Endoskopieverfahren wurden oben am Beispiel der medizinischen Endoskopie beschrieben; die Erläuterungen gelten für den Einsatz im Bereich der technischen Endoskopie, in denen verschiebbare Kameras zum Einsatz kommen, entsprechend.

Bezugszeichenliste

10	Endoskopieeinrichtung
11	Endoskopschaft
12	Trokar
20	Bildaufnahmeeinrichtung
21	Stablinsensystem
21a	Ende
21b	Ende
22	Kamera
23	Kabel
25	Linse
26	Signalleitung
30	Hohlraum
31	Körper
40	Bildauswerteeinrichtung
41	Rechnereinrichtung
a₁	Objektweite
a'₁	Bildweite

a_2	Objektweite
a'_2	Bildweite
Δa	Endoskopverschiebung
B	Bild
H	Hauptebene
K	Konstruktionsstrahl
L	Landmarke
L1	Landmarke
L2	Landmarke
L3	Landmarke
L4	Landmarke
O	optische Achse
y	Objektgröße
y'_1	Bildgröße
y'_2	Bildgröße
V	Verbindungsline

Patentansprüche

1. Endoskopieeinrichtung (10) mit einer Bildaufnahmeeinrichtung (20) zum Aufnehmen eines Bildes innerhalb eines Hohlrums (30), **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der Bildaufnahmeeinrichtung (20) eine Bildauswerteinrichtung (40) in Verbindung steht, die geeignet ist, ein bei einer ersten Position der Bildaufnahmeeinrichtung (20) aufgenommenes, den Hohlraum (30) zeigendes erstes Bild und ein bei einer zweiten, gegenüber der ersten Position entlang der optischen Achse (O) der Bildaufnahmeeinrichtung (20) verschobenen Position der Bildaufnahmeeinrichtung (20) aufgenommenes zweites Bild auf das Vorhandensein mindestens einer markanten Landmarke (L, L1, L2, L3) in beiden Bildern hin auszuwerten und eine Verschiebung der markanten Landmarke (L, L1, L2, L3) relativ zur optischen Achse (O) oder relativ zu einer anderen markanten Landmarke (L, L1, L2, L3) in den zumindest zwei Bildern quantitativ zu erfassen und unter Berücksichtigung der erfolgten Verschiebung der Bildaufnahmeeinrichtung (20) den Abstand zwischen der Bildaufnahmeeinrichtung (20) und der markanten Landmarke (L, L1, L2, L3) oder den Abstand zwischen der einen und der anderen markanten Landmarke zu berechnen.

2. Endoskopieeinrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bildauswerteinrichtung (40) geeignet ist, ein Blutgefäß oder eine Organgrenze in einem menschlichen oder tierischen Körperhohlraum (30) als markante Landmarke (L, L1, L2, L3) zur Abstandsmessung heranzuziehen.

3. Endoskopieeinrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bildauswerteinrichtung (40) eine Rechneinrichtung (41) umfasst, die derart programmiert ist, dass sie im Rahmen eines Mustererkennungsverfahrens markante Landmarken (L, L1, L2, L3, L4) in Bildern erkennen und eine in einem Bild erkannte markante Landmarke (L, L1, L2, L3, L4) in einem anderen Bild wiedererkennen kann.

4. Endoskopieeinrichtung (10) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rechneinrichtung (41) derart programmiert ist, dass sie den Abstand zwischen der markanten Landmarke (L, L1, L2, L3) und der Bildaufnahmeeinrichtung (20) ermitteln kann gemäß:

$$a_2 = \frac{y'_1 \cdot \Delta a}{y'_2 - y'_1}$$

wobei a_2 den Abstand zwischen der markanten Landmarke (L, L1, L2, L3) und der Bildaufnahmeeinrichtung (20) nach der Verschiebung, Δa die Verschiebung der Bildaufnahmeeinrichtung (20) entlang der optischen Achse (O), y'_1 die Bildgröße vor der Verschiebung und y'_2 die Bildgröße nach der Verschiebung bezeichnen.

5. Endoskopieeinrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bildauswerteinrichtung (40) in beiden Bildern jeweils zwischen zumindest drei markanten Landmarken (L) ermittelte Verbindungslinien (V) auf eine Winkelabweichung oder eine Abweichung der Streckungsverhältnisse in den beiden Bildern untersucht und ausschließlich im Falle, dass die Winkelabweichung und/oder die Streckungsabweichung ein vorgegebenes Maß unterschreitet oder zumindest nicht überschreitet, die markanten Landmarken (L) zur Abstands- und/oder Größenbestimmung heranzieht.

6. Endoskopieeinrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Endoskopieeinrichtung (10) eine Verschiebeeinrichtung aufweist, die ein Verschieben der Bildaufnahmeeinrichtung (20) entlang der optischen Achse (O) ermöglicht.

7. Endoskopieeinrichtung (10) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verschiebeeinrichtung einen hydraulischen, pneumatischen, elektromagnetischen oder piezoelektrischen Linearantrieb oder einen rotatorischen Antrieb mit Spindel umfasst.

8. Endoskopieeinrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Endoskopieeinrichtung (10) zumindest eine Markierung, zumindest einen mechanischen Endanschlag, zumindest einen Endschalter oder zumindest ein Wegmesssystem aufweist, mit dem oder der sich eine Verschiebung der Bildaufnahmeeinrichtung (20) entlang der optischen Achse (O) messen oder auf ein vorgegebenes Maß begrenzen lässt.

9. Endoskopieeinrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bildauswerteinrichtung (40) geeignet ist, mit den gemessenen Abständen und/oder Objektgrößen ein dreidimensionales Modell des Inneren des Hohlraums (30) oder eines im Inneren des Hohlraums (30) befindlichen Objekts zu erstellen.

10. Endoskopieverfahren, bei dem mit einer Bildaufnahmeeinrichtung (20) ein Bild eines Hohlraums (30) aufgenommen wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

– ein bei einer ersten Position der Bildaufnahmeeinrichtung (20) aufgenommenes, den Hohlraum (30) zeigendes erstes Bild und ein bei einer gegenüber der ersten Position entlang der optischen Achse (O) der Bildaufnahmeeinrichtung (20) verschobenen zweiten Position der Bildaufnahmeeinrichtung (20) aufgenommenes zweites Bild auf das Vorhandensein mindestens einer markanten Landmarke (L, L1, L2, L3) in beiden Bildern hin ausgewertet wird,

– eine Verschiebung der markanten Landmarke (L, L1, L2, L3) relativ zur optischen Achse (O) oder relativ zu einer anderen Landmarke (L, L1, L2, L3) in den zumindest zwei Bildern quantitativ erfasst wird und

– unter Berücksichtigung der erfolgten Verschiebung der Bildaufnahmeeinrichtung (20) der Abstand zwischen der Bildaufnahmeeinrichtung (20) und der markanten Landmarke (L, L1, L2, L3) oder der Abstand zwischen der einen und der anderen Landmarke (L, L1, L2, L3) berechnet wird.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

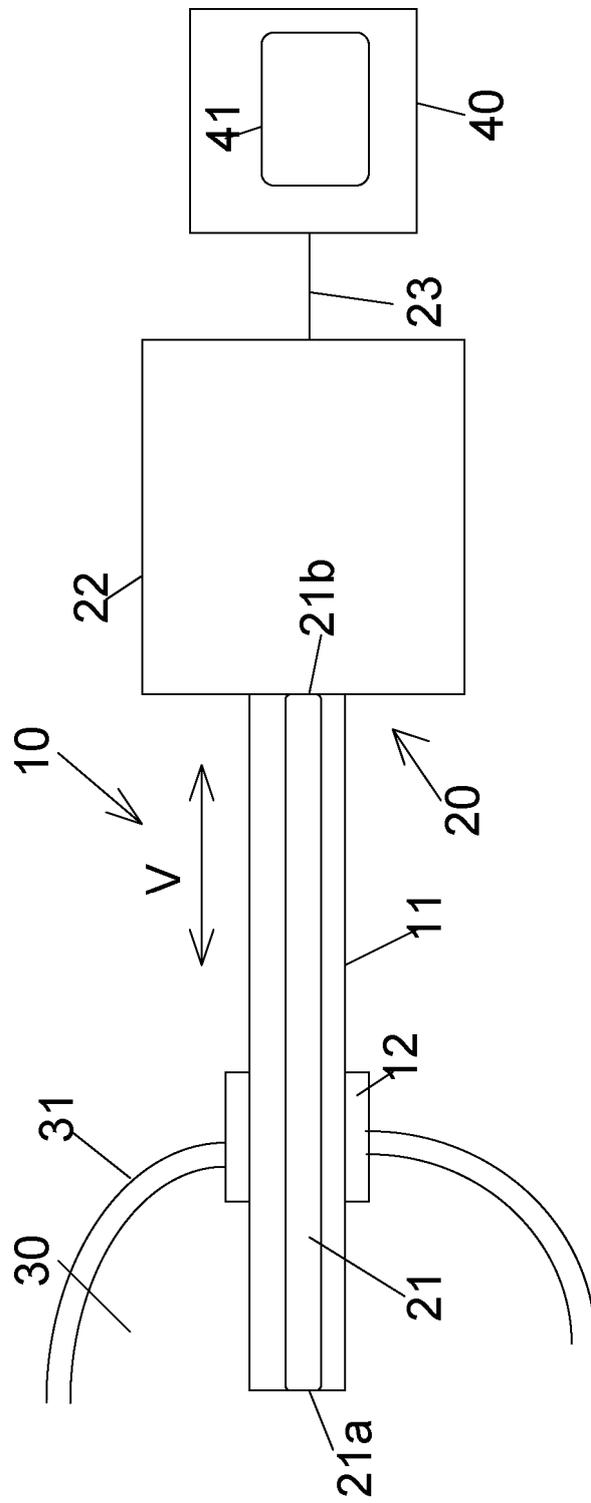


Fig. 1



Fig. 3

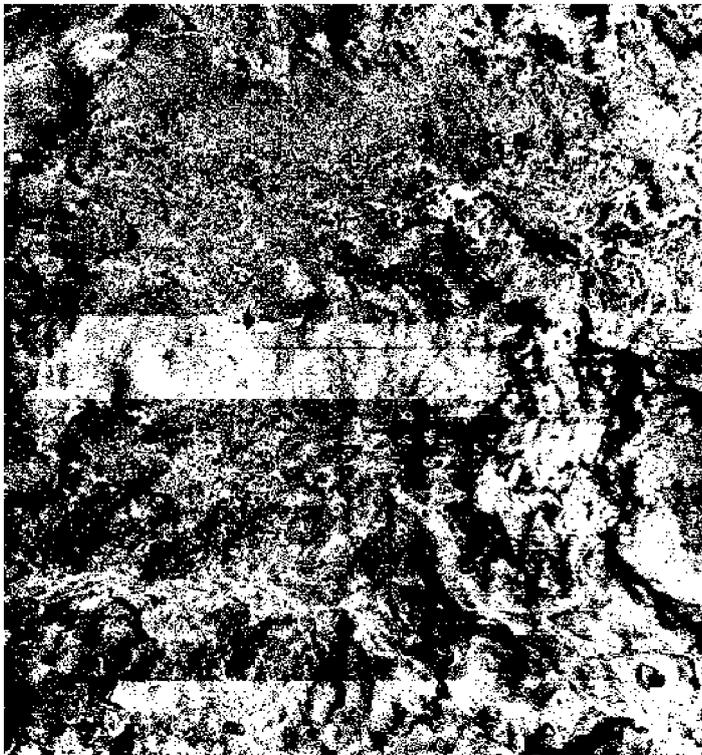


Fig. 2

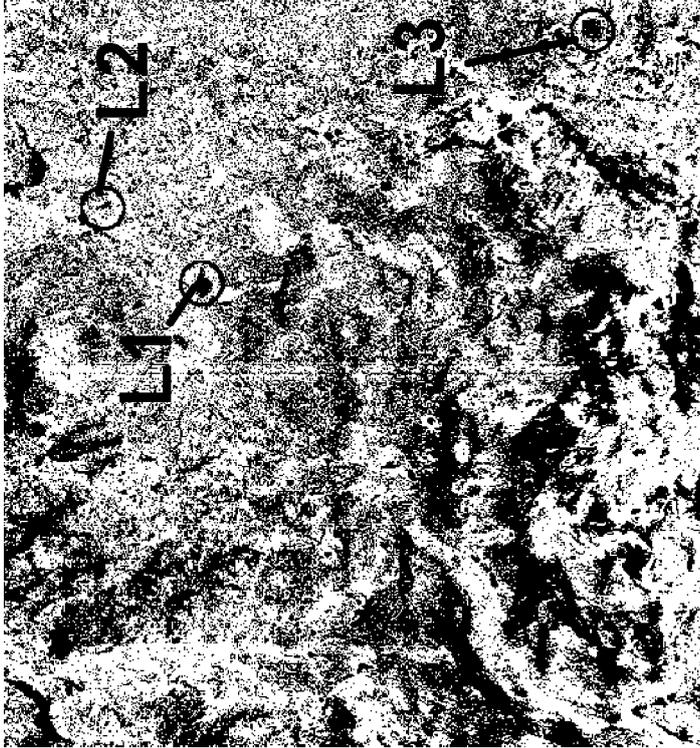


Fig. 5

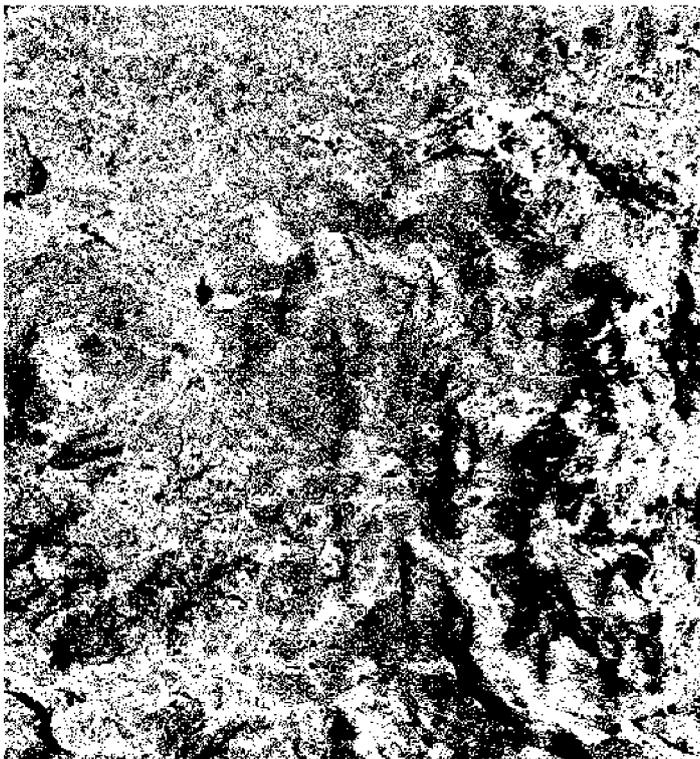


Fig. 4

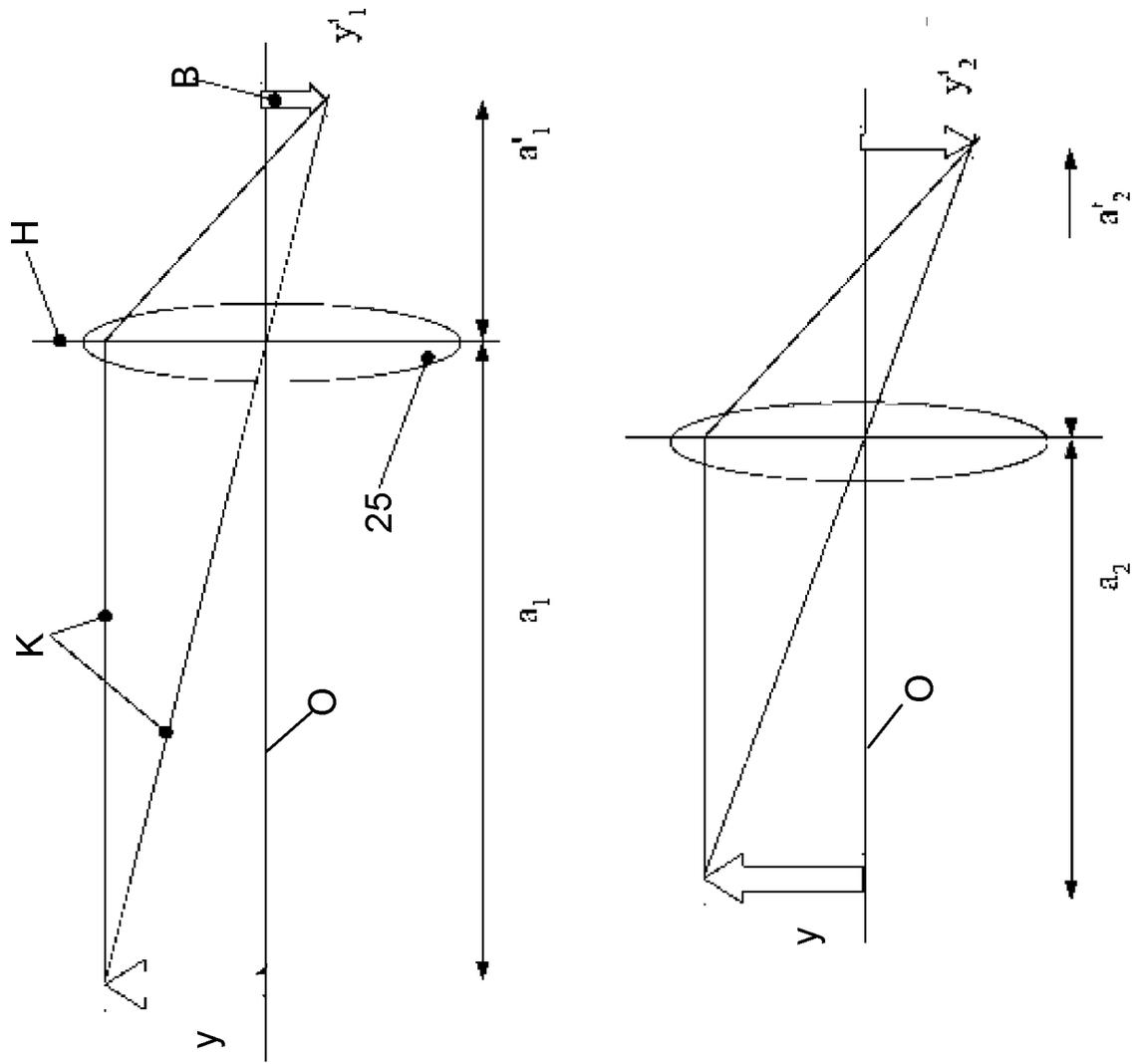


Fig. 6

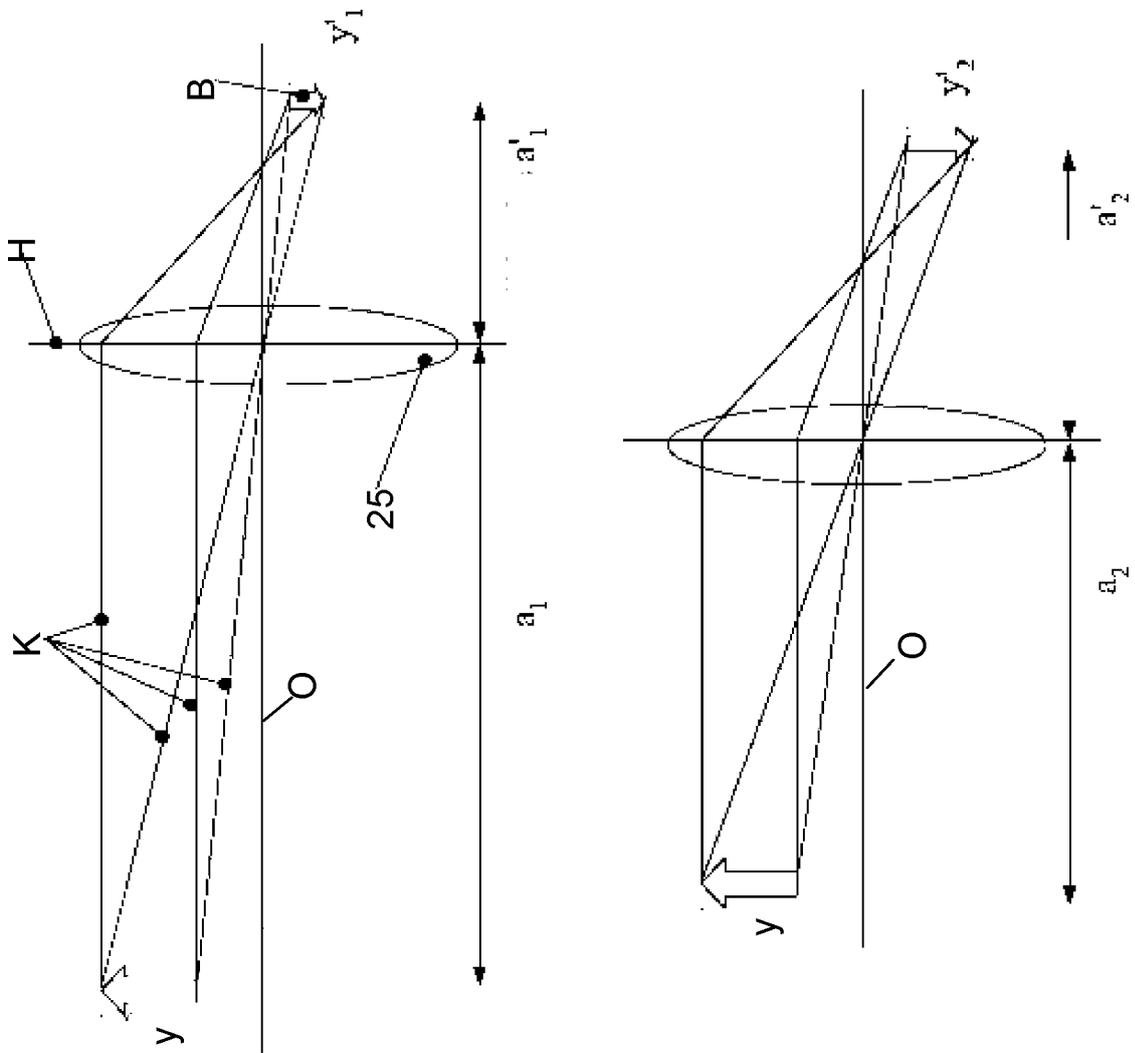


Fig. 7

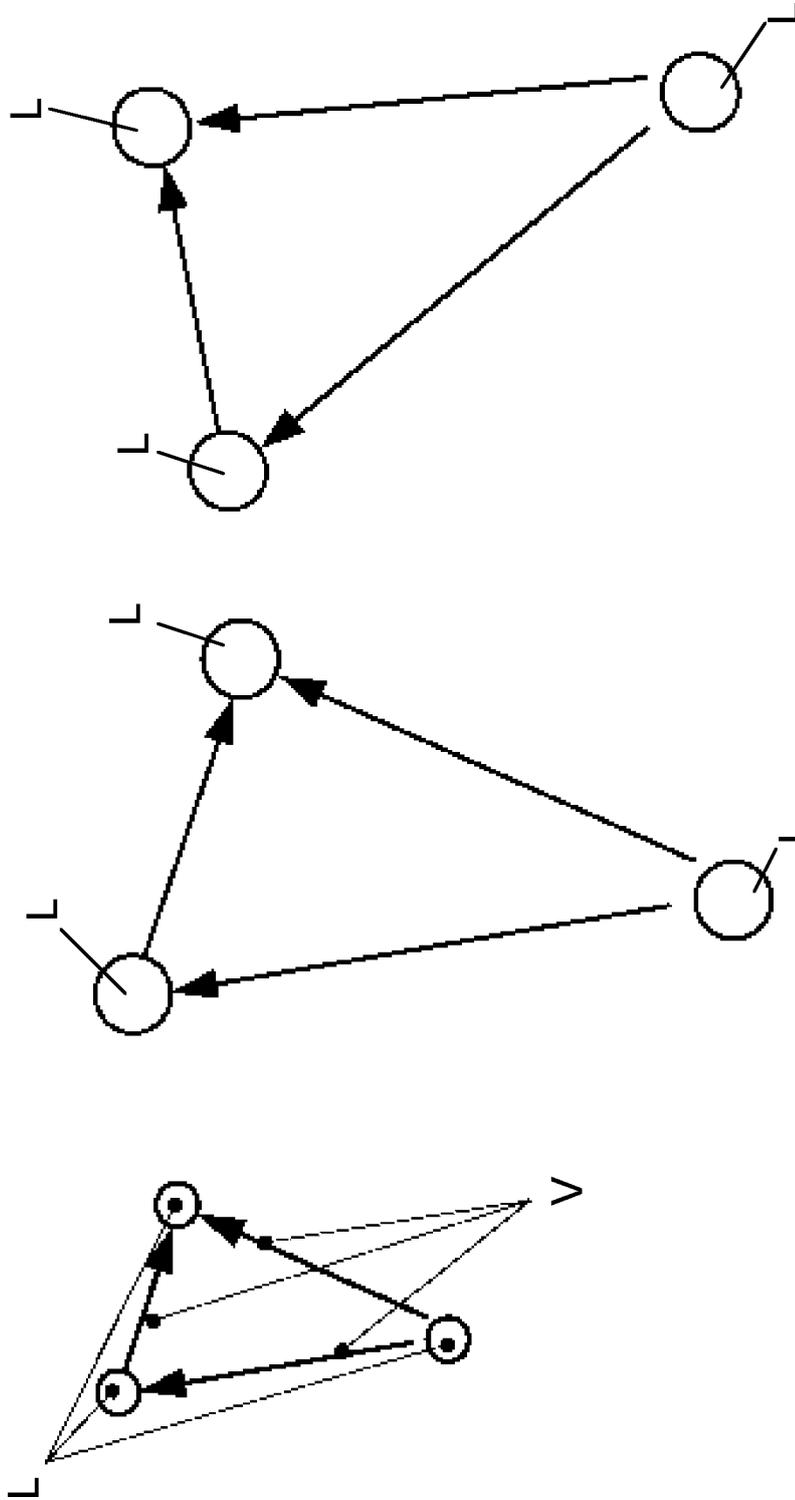


Fig. 8

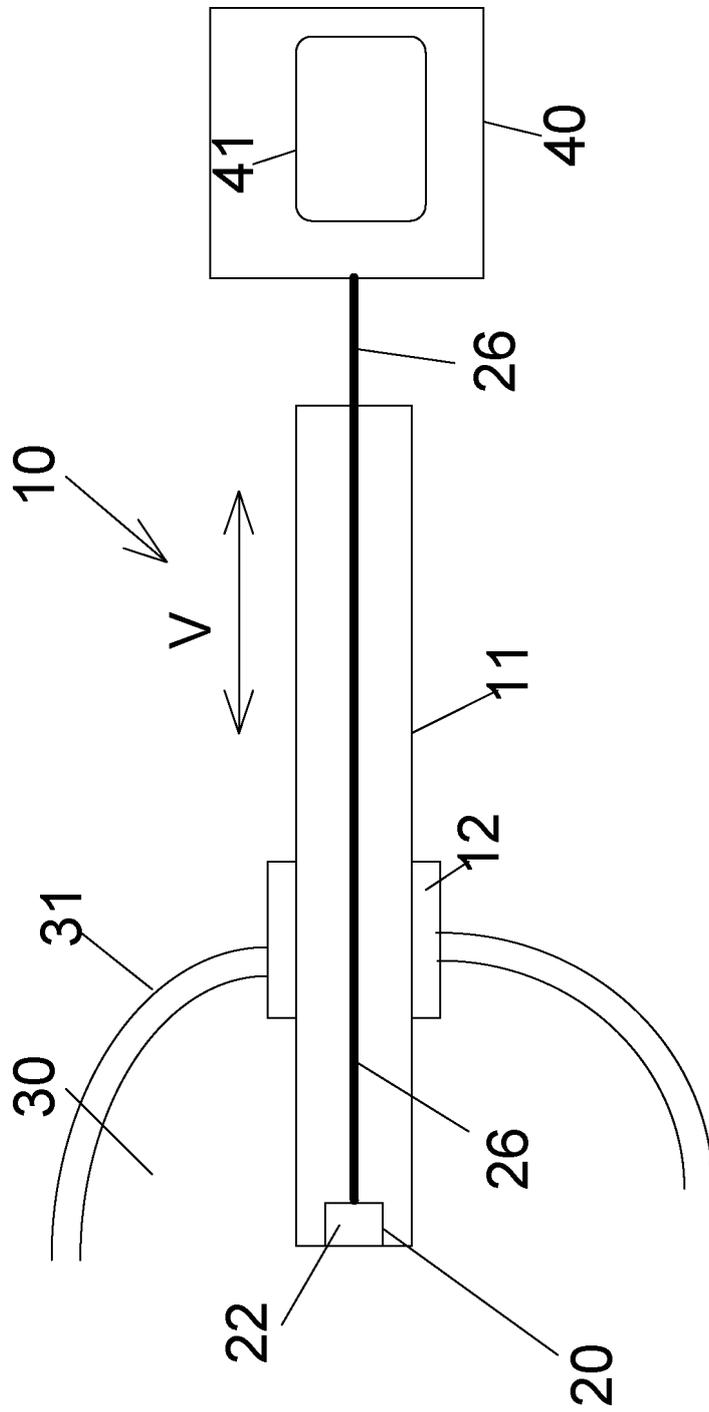


Fig. 9