

**(10) Internationale Veröffentlichungsnummer**  
**WO 2018/011106 A2**

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

## **ENDOSKOPISCHE VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ENDOSKOPISCHEN UNTERSUCHUNG**

Die Erfindung betrifft eine bildgebende endoskopische Vorrichtung, insbesondere für medizinische Anwendungen, umfassend ein Endoskop mit einem in einen Untersuchungsgegenstand einführbaren Schaft und eine Datenverarbeitungseinheit sowie optische Abbildungseinheiten zum Bereitstellen von Bilddatensätzen für die Datenverarbeitungseinheit.

Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zur endoskopischen Untersuchung eines Untersuchungsgegenstandes, insbesondere für medizinische Anwendungen, bei dem ein Schaft eines Endoskops in einen Untersuchungsgegenstand eingeführt wird und ein Objekt im Untersuchungsgegenstand abgebildet wird, wobei einer Datenverarbeitungseinheit Bilddatensätze bereitgestellt werden.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend insbesondere mit Bezug auf eine medizinische Anwendung beschrieben, sie ist jedoch nicht auf dieses Anwendungsgebiet beschränkt. Endoskopische Untersuchungen können zum Beispiel auch im Bereich der Fertigung oder der Wartung technischer Gegenstände durchgeführt werden. Als diesbezügliches Anwendungsbeispiel wird die endoskopische Untersuchung von Gasturbinen genannt, wie sie in der WO 2013/045108 A1 beschrieben ist.

Bei medizinischen Anwendungen wird der Schaft des Endoskops in den (menschlichen oder tierischen) Körper als Untersuchungsgegenstand eingeführt, um Objekte wie zum Beispiel innere Organe in Hohlräumen, den chirurgischen Eingriff unterstützend, abzubilden. Abgebildet werden können auch chirurgische Instrumente, derer sich der Operateur während des Eingriffes bedient. Bekannt ist in diesem Zusammenhang der Einsatz von Stereoendoskopen, um dem Operateur eine räumliche Darstellung eines Objektes zu vermitteln.

In der WO 2006/005061 A2 ist eine Vorrichtung beschrieben, bei der drei optische Abbildungseinheiten zum Einsatz kommen. Dem Operateur kann mittels zweier Abbildungseinheiten ein Stereobild an einer Anzeigeeinheit dargestellt werden. Es besteht ferner die Möglichkeit, ein zusätzliches Bild unter Einsatz einer dritten Abbildungseinheit zu erstellen und beispielsweise als Insert im Stereobild darzustellen, um dem Operateur zusätzliche Informationen bereitzustellen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine endoskopische Vorrichtung und ein Verfahren zur endoskopischen Untersuchung bereitzustellen, mit der bzw. dem ergänzende Informationen zur umfassenderen Untersuchung des Untersuchungsgegenstandes gewonnen werden können.

Diese Aufgabe wird durch eine erfindungsgemäße endoskopische Vorrichtung gelöst, insbesondere für medizinische Anwendungen, umfassend ein Endoskop mit einem in einen Untersuchungsgegenstand einführbaren Schaft und eine Datenverarbeitungseinheit, drei oder mehr optische Abbildungseinheiten mit jeweiligen, distal am Schaft angeordneten Abbildungselementen und diesen zugeordneten Bildsensoren zum Bereitstellen von Bilddatensätzen für die Datenverarbeitungseinheit, wobei die Datenverarbeitungseinheit so ausgebildet und programmiert ist, dass sie anhand der Bilddatensätze darin korrespondierende Bildpunkte ermittelt und einen 3D-Oberflächendatensatz eines von den Abbildungseinheiten abgebildeten Objektes im Untersuchungsgegenstand erstellt.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass zumindest drei Abbildungseinheiten zum Einsatz kommen, wobei bei einer vorteilhaften Ausführungsform auch vier oder mehr Abbildungseinheiten vorgesehen sein können. Am Schaft distal angeordnet sind Abbildungselemente, in deren Sichtfeld ein abzubildendes Objekt liegt. Von den Abbildungselementen gebündeltes Licht kann auf die Bildsensoren übertragen werden, welche im Schaft angeordnet oder in einem extern zum Untersuchungsgegenstand positionierten Ge-

häuser angeordnet sein können. Die Datenverarbeitungseinheit untersucht die Bilddatensätze auf korrespondierende (sogenannte homologe) Bildpunkte, wobei die Bilddatensätze von drei oder mehr Bildsensoren und bevorzugt von allen Bildsensoren berücksichtigt werden. Anders als bei den aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtungen besteht erfindungsgemäß die Möglichkeit, dass eine 3D-Rekonstruktion der beobachteten Szene möglich ist. Durch das Vorsehen von drei oder mehr Bilddatensätzen können eventuelle Mehrdeutigkeiten und Ungenauigkeiten, wie sie bekanntermaßen bei der Auswertung von Stereo-Bilddatensätzen auftreten können, weitgehend eliminiert werden. Mittels der Vorrichtung kann dadurch ein 3D-Oberflächendatensatz abgebildeter Objekte erstellt werden, der sich durch höhere Genauigkeit auszeichnet. Der 3D-Oberflächendatensatz kann der weiteren endoskopischen Untersuchung zugrunde gelegt werden und wird beispielsweise für zeitabhängige Erfassungen der Änderung der Position und/oder der Form eines Objektes oder mehrerer berücksichtigt, worauf später noch eingegangen wird.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung eignet sich in besonderer Weise für medizinische endoskopische Untersuchungen. Diese Untersuchungen stehen vor der Herausforderung, dass endoskopische Vorrichtungen der Kompaktheit bedürfen, damit die Invasivität für den Patienten möglichst gering gehalten werden kann (beispielsweise sind etwaige zusätzliche Inzisionen zu vermeiden), insbesondere unter Berücksichtigung der beengten Platzverhältnisse im Körper. Als besonders schwierig bei der Erfassung, Rekonstruktion und Identifizierung von körpereigenen Strukturen erweist sich die Tatsache, dass diese überwiegend texturarm ausgestaltet sind und daher nur wenige strukturelle, bildverarbeitungstechnisch einfach zu analysierende Eigenschaften aufweisen. Als schwierig erweist es sich auch, dass von körpereigenen Strukturen aufgrund der schwach ausgeprägten Struktur und anhaftender Flüssigkeit wie Wasser oder Blut Reflexionen ausgehen, die in den Bilddatensätzen nur schwer analysiert werden können. Fördernd für an sich unerwünschte Reflexionen ist dabei eine dennoch erforderliche Beleuchtung im Körperinneren. Aufgrund der räumlichen Einschränkung besteht außerdem in der Praxis das Problem, dass Abbildungselemente mit großen Aperturen eingesetzt werden, welche Verzerrungen in

den Bilddatensätzen bedingen und nur eine geringe Tiefenschärfe ermöglichen, wobei diese auch durch den geringen Basisabstand der Abbildungselemente distal am Schaft bedingt ist. Die vorliegende Erfindung ermöglicht es durch die Nutzung von mindestens drei Bilddatensätzen, Mehrdeutigkeiten zu einem hohen Grad zu eliminieren und dadurch insgesamt zuverlässigere Informationen über abgebildete Objekte zu erlangen.

Der 3D-Oberflächendatensatz kann aus einer sogenannten "Punktwolke" aus einer endlichen Zahl von Punkten erstellt werden oder umfasst eine solche endliche Zahl von Punkten, die anhand der identifizierten korrespondierenden Bildpunkte ermittelt werden.

Zur Identifikation und Bestimmung von korrespondierenden Bildpunkten in den drei oder mehr Bilddatensätzen kann der Fachmann auf ihm bekannte Algorithmen des Mehrbild-Matchings zurückgreifen, beispielsweise nach dem Kernlinienschnittverfahren.

Günstig ist es, wenn die Datenverarbeitungseinheit die korrespondierenden Bildpunkte zur Erstellung des 3D-Datensatzes in Echtzeit ermittelt, beispielsweise in Intervallen von wenigen Sekunden und vorzugsweise im Millisekundenbereich. Bei einer Visualisierung des 3D-Oberflächendatensatzes an einer Anzeigeeinheit kann ein Objekt auf diese Weise gewissermaßen in Echtzeit dargestellt werden.

Vorteilhafterweise sind Positions- und/oder Formänderungen des Objekts von der Vorrichtung zeitabhängig ermittelbar. Hierunter kann insbesondere verstanden werden, dass das Objekt, zumindest teilweise, getrackt werden kann. Eine Bewegung des Objektes mit einer Änderung in Lage und/oder Orientierung und/oder eine Formänderung eines oder mehrerer Objekte(s) kann von der Datenverarbeitungseinheit dadurch festgestellt werden, dass aufeinanderfolgende 3D-Datensätze Unterschiede aufweisen, wobei das Objekt oder die Objekte (vorzugsweise simultan) jeweils in den 3D-Datensätzen identifiziert und dadurch zeitabhängig verfolgt werden kann/können. Hierdurch ergibt sich

ein großer Nutzen für den Anwender. Im Bereich medizinischer Endoskopie lassen sich dadurch beispielsweise pulsierende Organe erkennen und tracken.

Es kann vorgesehen sein, dass die Datenverarbeitungseinheit anhand von zwei Bilddatensätzen einen Stereobilddatensatz erstellt, der auf korrespondierende Bildpunkte mit zumindest einem weiteren Bilddatensatz untersucht wird.

Weiter kann vorgesehen sein, dass je zwei Bilddatensätze stereoskopisch miteinander kombiniert und mit einem weiteren Bilddatensatz verglichen werden. Dementsprechend ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform von Vorteil, wenn die Datenverarbeitungseinheit von je zwei Bilddatensätzen einen Stereobilddatensatz erstellt, der auf korrespondierende Bildpunkte mit einem jeweiligen weiteren Bilddatensatz untersucht wird.

Es kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung eine mit der Datenverarbeitungseinheit gekoppelte Anzeigeeinheit umfasst.

Günstig ist es, wenn die Datenverarbeitungseinheit anhand von zwei Bilddatensätzen ein Stereobild des Objektes erstellt und an der Anzeigeeinheit darstellt. Dem Anwender, beispielsweise dem Operateur, kann ein intuitiv erfassbares Stereobild zur Führung des Endoskops im Untersuchungsgegenstand angezeigt werden.

Alternativ oder ergänzend ist es günstig, wenn die Datenverarbeitungseinheit ein Bild des 3D-Datensatzes der Anzeigeeinheit insbesondere zeitabhängig darstellt. Der von der Datenverarbeitungseinheit erstellte 3D-(Oberflächen-)Datensatz mit dem anhand der Bildinformation rekonstruierten Objekt kann dem Anwender wertvolle zusätzliche Information während des endoskopischen Eingriffs liefern. Fehlfarbdarstellung zur Hervorhebung interessanter Eigenschaften des Objektes ist möglich. Eine Navigation im dargestellten 3D-Datensatz für den Anwender ist vorteilhafterweise möglich, um sich das Objekt von unterschiedlichen Seiten betrachten zu können, ohne zu diesem Zweck das Endoskop führen zu müssen.

Die Abbildungselemente können bei einer vorteilhaften Ausführungsform kollinear am Schaft angeordnet sein. In Draufsicht auf das distale Ende des Schaftes können die Abbildungselemente nebeneinanderliegend positioniert sein, beispielsweise äquidistant. Jeweilige von den Abbildungselementen definierte Achsen sind dabei entlang einer durch sie verlaufenden Geraden angeordnet und/oder paarweise parallel zueinander ausgerichtet.

Bei einer andersartigen vorteilhaften Ausführungsform ist es günstig, wenn eines der Abbildungselemente symmetrisch bezüglich einer von zwei weiteren anderen Abbildungselementen gebildeten Basis am Schaft angeordnet ist. Beispielsweise bilden zwei Abbildungselemente eine Basis eines stereoskopischen Systems, wobei ein drittes Abbildungselement symmetrisch zur Basis positioniert ist.

Günstigerweise sind die Abbildungselemente, insbesondere bei der zuletzt erwähnten vorteilhaften Ausführungsform, in regelmäßiger Anordnung am Schaft angeordnet, beispielsweise gemäß einem gleichschenkligen und insbesondere gleichseitigen Dreieck, jeweils bezogen auf eine Draufsicht auf den Schaft in proximaler Richtung. Bei regelmäßiger Anordnung der Abbildungselemente, beispielsweise von drei Abbildungselementen, gemäß einem gleichseitigen Dreieck, kann eine möglichst kompakte Bauform des Endoskops erzielt werden.

Als günstig erweist es sich, wenn zumindest zwei Abbildungselemente in planarer Anordnung zueinander angeordnet sind. Hierunter kann der Fachmann vorliegend insbesondere verstehen, dass optische Achsen der Abbildungselemente parallel zueinander ausgerichtet sind. Optische Ebenen der Abbildungselemente, insbesondere Linsenebenen, fallen vorzugsweise zusammen.

Alternativ oder ergänzend kann vorgesehen sein, dass zumindest zwei Bildsensoren in planarer Anordnung zueinander angeordnet sind. Darunter



kann vorliegend insbesondere verstanden werden, dass von den Bildsensoren gebildete Ebenen zusammenfallen oder parallel zueinander angeordnet sein können.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass jeweils alle Abbildungselemente und/oder alle Bildsensoren in planarer Anordnung zueinander angeordnet sind.

Die optischen Abbildungseigenschaften der Abbildungselemente (Apertur, Brennweite etc.) sind vorzugsweise identisch. Die Abbildungseigenschaften der Abbildungseinheiten insgesamt können identisch sein.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform ist es günstig, wenn die Bildsensoren im Schaft angeordnet sind und über Signalleitungen mit der außerhalb des Untersuchungsgegenstandes positionierten Datenverarbeitungseinheit gekoppelt sind. Es besteht insbesondere die Möglichkeit, dass ein sogenanntes "Chip-on-the-Tip"-Endoskop vorgesehen ist.

Bei einer andersartigen vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Abbildungselemente über im Schaft geführte Lichtleitelemente mit den Bildsensoren gekoppelt sind, die außerhalb des Untersuchungsgegenstandes in einem Gehäuse angeordnet sind. Objekte werden über die Abbildungselemente in die Lichtleitelemente abgebildet und über diese auf die extern zum Untersuchungsgegenstand angeordneten Bildsensoren.

Als günstig erweist es sich, wenn die Vorrichtung eine Beleuchtungseinheit umfasst mit mindestens einem in den Untersuchungsgegenstand einführbaren Leuchtelement. Dies gibt die Möglichkeit, die Szene zu beleuchten und von Objekten Abbildungen höherer Qualität zu erstellen.

Vorteilhafterweise ist eine Mehrzahl von Leuchtelementen vorgesehen. Die Leuchtelemente können vorzugsweise frei zueinander positionierbar sein und/oder günstigerweise unabhängig voneinander aktivierbar oder deaktivier-

bar, damit die Vorrichtung für die Bedienperson möglichst vielseitig einsetzbar ist.

Vorzugsweise ist jeder Abbildungseinheit ein Leuchtelement zugeordnet, wobei die Anzahl der Leuchtelemente gleich der Anzahl der Abbildungseinheiten sein kann.

Günstig ist es, wenn das Leuchtelement mindestens einen im Schaft geführten Lichtleiter umfasst oder bildet. Die Integration des Lichtleiters in den Schaft ermöglicht es, ein ergänzend zum Schaft in den Untersuchungsgegenstand einzuführendes Leuchtelement einzusparen. Der Bedienperson wird die Handhabung der Vorrichtung dadurch vereinfacht, dass mit dem Einwirken auf das Endoskop zugleich der Lichtleiter bewegt wird. Ist der Lichtleiter im Hinblick auf eine vorteilhafte Ausleuchtung des Sichtfeldes der Abbildungselemente angepasst, kann dadurch eine optische Abbildung hoher Güte erzielt werden. Der Lichtleiter ist oder umfasst beispielsweise ein Bündel von im Schaft geführten Glasfasern.

Bei einer Mehrzahl von Lichtleitern ist vorzugsweise vorgesehen, dass die Lichtleiter symmetrisch zueinander und/oder symmetrisch relativ zu den Abbildungselementen im Schaft und insbesondere distal am Schaft, bezogen auf eine Draufsicht, angeordnet sind. Wünschenswert ist dabei eine möglichst homogene Ausleuchtung des Sichtfeldes der Abbildungselemente.

Die Lichtleiter können zur Minimierung von Reflexionen vorteilhafterweise radial außenseitig bezüglich der Abbildungselemente angeordnet sein, bezogen auf eine Achse des Schaftes. Darunter kann vorliegend insbesondere verstanden werden, dass die Lichtleiter von der Schaftachse radial weiter beabstandet sind als Achsen der Abbildungselemente.

Der Schaft kann starr oder flexibel sein. Bei einem flexiblen Schaft kann eine feststellbare Flexibilität vorgesehen sein.

Nachfolgend wird auf unterschiedliche Ausgestaltungen der Bildsensoren eingegangen, wie sie in unterschiedlichen Ausführungsformen vorhanden sein können. Denkbar ist grundsätzlich ein Austausch von Bildsensoren, wobei in diesem Fall deren Anordnung in einem extern zum Untersuchungsgegenstand angeordneten Gehäuse wie vorstehend erläutert von Vorteil sein kann.

Vorgesehen sein kann, dass zumindest zwei der drei oder mehr Bildsensoren sich hinsichtlich spektraler Empfindlichkeit und/oder Auflösung voneinander unterscheiden.

Beispielsweise kann die spektrale Empfindlichkeit zumindest eines Bildsensors im Infrarotbereich, im Bereich des sichtbaren Spektrums oder im Ultraviolettbereich liegen. Durch Einsatz von IR- oder UV-fähigen Bildsensoren können der Bedienperson Informationen bereitgestellt werden, die bei herkömmlichen Endoskopen mit einer Empfindlichkeit im Bereich des sichtbaren Spektrums, auch Stereoendoskopen, nicht verfügbar sind.

Bei einer vorteilhaften Umsetzung der Vorrichtung können zumindest zwei der drei oder mehr Bildsensoren hinsichtlich der spektralen Empfindlichkeit und/oder Auflösung identisch ausgestaltet sein.

Beispielsweise sind zwei Bildsensoren Monochrom-Sensoren in Bezug auf Graustufen oder einen Farbwert (monochrome Farbe). Zwei Monochrom-Bildsensoren können zum Beispiel mit einem Farbbildsensor (beispielsweise RGB) kombiniert werden. Die Bilddatensätze der Monochrom-Sensoren können zur stereoskopischen Betrachtung mit hoher Auflösung verwendet werden. Für hochaufgelöste dreidimensionale Farbdarstellungen können die Monochrom-Bilddatensätze mit Hilfe des Farbbilddatensatzes eingefärbt werden. Hierbei kann beispielsweise ein Pansharpening-Verfahren eingesetzt werden. Der Farbbilddatensatz kann alternativ oder ergänzend als Kontrollbild und/oder zur Erkennung von Ausreißern in den Monochrom-Bilddatensätzen genutzt werden.

Bei einer andersartigen vorteilhaften Ausführungsform sind beispielsweise zwei Farbbildsensoren vorgesehen (beispielsweise RGB) und ein dritter Bildsensor, dessen spektrale Empfindlichkeit in einem anderen Wellenlängenbereich liegt, wie beispielsweise im Infraroten oder im Ultravioletten. Eine mögliche geringere Auflösung der Bilddatensätze in dem anderen Spektralbereich kann, beispielsweise mittels Pansharpening, mit den Farbbilddatensätzen kompensiert werden.

Wie erwähnt, können zwei Bildsensoren Monochrom-Sensoren sein und der dritte Bildsensor ein Farbbildsensor.

Bei einer andersartigen vorteilhaften Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass zumindest ein Bildsensor ein Time-of-Flight-Sensor ist oder einen solchen umfasst, der einen Abstandsbilddatensatz bereitstellt, und dass die Datenverarbeitungseinheit anhand des Abstandsbilddatensatzes eine Abstandsinformation zum Abgleich mit einem aus anderen Bilddatensätzen gewonnenen Stereobilddatensatz ermittelt. Näherungswerte von Oberflächen von Objekten für das Stereomatching können dadurch bestimmt werden.

Günstig ist es, wenn anhand der Datenverarbeitungseinheit eine Kontrolle der Abbildungseigenschaften der Abbildungseinheiten durchführbar ist und bei Abweichung von einem Sollzustand vorzugsweise ein diesbezüglicher Hinweis ausgebar ist. Die Datenverarbeitungseinheit kann beispielsweise korrespondierende Bildpunkte zeitabhängig überwachen und damit gewissermaßen eine fortlaufende Kontrolle der Bilddatensätze vornehmen. Dies ist vorteilhaft, wenn äußere Einflüsse oder zum Beispiel die Erwärmung des Endoskops zur Veränderung der Orientierung der Abbildungseinheiten führen und sich dadurch die Abbildungseigenschaften verändern. Durch Bereitstellen eines Hinweises kann eine Bedienperson auf diesen Umstand hingewiesen werden. Alternativ oder ergänzend ist es günstig, wenn von der Datenverarbeitungseinheit eine automatische Kompensation der veränderten Abbildungseigenschaften durchgeführt werden kann.

Die Vorrichtung kann mindestens ein Werkzeug zum Handhaben im Untersuchungsgegenstand aufweisen. Das Werkzeug, beispielsweise ein chirurgisches Instrument, umfasst günstigerweise eine Kennzeichnung, die von der Datenverarbeitungseinheit in den Bilddatensätzen erkennbar ist zur Identifikation des Werkzeuges. Das Werkzeug kann dadurch insbesondere hinsichtlich seiner Position nach Lage und/oder Orientierung zeitabhängig verfolgt werden (getrackt). Eine Darstellung des so getrackten Werkzeuges in einem visualisierten 3D-Datensatz eines Objektes ist zur Unterstützung der Bedienperson beim Eingriff von Vorteil.

Die eingangs genannte Aufgabe wird durch ein erfindungsgemäßes Verfahren zur endoskopischen Untersuchung eines Untersuchungsgegenstandes gelöst, insbesondere für medizinische Anwendungen, bei dem ein Schaft eines Endoskops in einen Untersuchungsgegenstand eingeführt wird und ein Objekt im Untersuchungsgegenstand abgebildet wird, wobei drei oder mehr optische Abbildungseinheiten mit jeweiligen, distal am Schaft angeordneten Abbildungselementen und diesen zugeordneten Bildsensoren zum Bereitstellen von Bilddatensätzen für die Datenverarbeitungseinheit vorgesehen sind, wobei die Datenverarbeitungseinheit anhand der Bilddatensätze darin korrespondierende Bildpunkte ermittelt und einen 3D-Oberflächendatensatz des von den Abbildungseinheiten abgebildeten Objektes erstellt.

Die Vorteile, die bereits im Zusammenhang mit der Erläuterung der erfindungsgemäßen Vorrichtung erwähnt wurden, können unter Einsatz des Verfahrens ebenfalls erzielt werden. Diesbezüglich kann auf die voranstehenden Ausführungen verwiesen werden.

Vorteilhafte Ausführungsbeispiele des Verfahrens ergeben sich durch vorteilhafte Ausführungsformen der Vorrichtung, so dass auch diesbezüglich auf die voranstehenden Erläuterungen verwiesen werden kann.

Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung der Er-

findung. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden. Es zeigen:

- Figur 1: eine erfindungsgemäße endoskopische Vorrichtung für eine medizinische Anwendung an einem Patienten durch einen Operateur;
- Figur 2: schematisch die Vorrichtung aus Figur 1;
- Figur 3: eine Darstellung eines distalen Endes des Schaftes eines Endoskops der Vorrichtung, in Richtung des Pfeiles "A" in Figur 2;
- Figur 4: eine Darstellung entsprechend Figur 3 bei einer andersartigen Ausgestaltung des Endoskops; und
- Figur 5: ein Stereobild eines chirurgischen Instrumentes und eines Objektes (Organ o. e.) im Körper eines untersuchten Patienten.

Die Figuren 1 und 2 zeigen schematisch eine mit dem Bezugszeichen 10 belegte vorteilhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen bildgebenden endoskopischen Vorrichtung. Die Vorrichtung 10 kommt zur endoskopischen Untersuchung eines Untersuchungsgegenstandes 12 zum Einsatz, um in diesem vorhandene Objekte zu untersuchen, von denen Figur 5 beispielhaft ein Objekt 14 zeigt. Es können mehrere abzubildende Objekte vorgesehen sein und vorliegend simultan untersucht werden.

Die Anwendung der Vorrichtung 10 ist am Beispiel eines operativen Eingriffs dargestellt, wobei die vorliegende Erfindung nicht auf medizinische Anwendungen beschränkt ist. Endoskopische Vorrichtungen können beispielsweise auch zur Kontrolle von technischen Vorrichtungen bei der Herstellung und der Wartung eingesetzt werden.

Wie nachfolgend erläutert umfasst die Vorrichtung 10 drei Abbildungseinheiten. Andersartige Ausführungsformen können, wie bereits erwähnt, mehr als drei Abbildungseinheiten umfassen.

Bei der vorliegenden beispielhaften Anwendung ist der Untersuchungsgegenstand 12 dementsprechend der Körper 16 eines Patienten 18, und das Objekt 14 ist beispielsweise ein zu untersuchendes Organ 20 im Bauchraum 22. Die Bedienperson der Vorrichtung 10 ist ein Operateur 24.

Die Vorrichtung 10 umfasst ein vom Operateur 24 handgeführtes Endoskop 26 mit einem Griffelement 28 und einem daran gehaltenen, zumindest teilweise in den Körper 16 einführbaren Schaft 30. Der Schaft 30 weist ein distales Ende 32 auf, das bei bestimmungsgemäßer Anwendung des Endoskopes 26 an der vom Operateur 24 abgewandten Seite angeordnet ist. Das Griffelement 28 umfasst oder bildet ein Gehäuse 34.

Der Schaft 30 ist vorliegend starr ausgestaltet, könnte jedoch auch flexibel sein. Alternativ oder ergänzend kann vorgesehen sein, dass der Schaft 30 am Griffelement 28 positionsveränderlich gehalten ist.

Weiter umfasst die Vorrichtung 10 eine Datenverarbeitungseinheit 36, die im vorliegenden Fall zwei signalwirksam miteinander gekoppelte und in Gehäusen 38, 40 angeordnete Bestandteile umfasst. Im Gehäuse 38 ist eine Auswerteeinheit 42 der Datenverarbeitungseinheit 36 aufgenommen und im Gehäuse 40 eine Recheneinheit 44. Denkbar ist selbstverständlich auch, dass die Datenverarbeitungseinheit 36 ein gemeinsames Gehäuse aufweist, das sowohl die Auswerteeinheit 42 als auch die mit dieser gekoppelte Recheneinheit 44 aufnimmt.

Die Datenverarbeitungseinheit 36 ist mit einer Anzeigeeinheit 46 gekoppelt, die insbesondere eine Bildanzeige 48 umfasst.

Die Vorrichtung 10 umfasst vorliegend drei optische Abbildungseinheiten 50, 52 und 54. Jede Abbildungseinheit 50, 52, 54 umfasst ein am distalen Ende 32 im Schaft 30 gefasstes Abbildungselement 56, 58 bzw. 60 auf. Die Abbildungselemente 56, 58, 60 können vorzugsweise identisch ausgestaltet sein und sind beispielsweise in Form von Linsen ausgebildet.

Die Abbildungselemente 56, 58, 60 sind in planarer Anordnung zueinander am distalen Ende 32 des Schaftes 30 angeordnet, wobei von ihnen jeweils definierte Achsen 62, 64 bzw. 66 parallel zueinander und parallel zu einer vom Schaft 30 definierten Achse 68 verlaufen. Linsenebenen der Abbildungselemente 56, 58 und 60 fallen zusammen.

Die Abbildungselemente 56, 58 und 60 sind symmetrisch zueinander gemäß einem gleichseitigen Dreieck am Schaft 30 positioniert (Figur 3, die axial in proximaler Richtung auf das distale Ende 32 des Schaftes 30 blickt).

Jedes Abbildungselement 56, 58 und 60 definiert ein in der Zeichnung nicht dargestelltes Sichtfeld, in dem Bereiche des Bauchraumes 22 und insbesondere das Organ 20 angeordnet sein können. Objekte im jeweiligen Sichtfeld eines Abbildungselementes 56, 58, 60 werden auf Bildsensoren 70, 72 bzw. 74 der Abbildungseinheiten 50, 52 bzw. 54 abgebildet. Jedem Abbildungselement 56, 58, 60 ist ein Bildsensor 70, 72 bzw. 74 zugeordnet (d. h. 56-70, 58-72, und 60-74).

Von den Abbildungselementen 56, 58, 60 gesammeltes Licht wird durch im Schaft 30 geführte, in der Zeichnung nicht dargestellte Lichtleitelemente bis zum Gehäuse 34 des Griffes 28 geführt, in dem die Bildsensoren 70, 72, 74 angeordnet sind. Es können weitere Abbildungselemente vorgesehen sein (nicht gezeigt), um Licht jeweils auf einen der Bildsensoren 70, 72, 74 abzubilden.

Bei einer andersartigen vorteilhaften Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass Bildsensoren direkt im Schaft 30 positioniert sind, beispielsweise unmit-



telbar proximal der Abbildungselemente 56, 58, 60, wodurch Lichtleitelemente eingespart werden können.

Die Bildsensoren 70, 72, 74 sind über eine Signalleitung 76 mit der Auswerteeinheit 42 gekoppelt. Ein jeweiliger von einem Bildsensor 70, 72, 74 bereitgestellter Bilddatensatz 78, 80 bzw. 82 kann von einem Auswerteglied 84 der Auswerteeinheit 42 vorverarbeitet werden (schematisch in Figur 2 dargestellt). Die Bilddatensätze 78, 80 und 82 und/oder vorverarbeitete Informationen können einem Rechenglied 85 der Recheneinheit 44 zugeführt werden.

Insgesamt besteht aufgrund der Ausbildung und Programmierung der Datenverarbeitungseinheit 36 die Möglichkeit, die Bilddatensätze 78, 80 und 82 der Bildsensoren 70, 72 bzw. 74 zu analysieren.

Die Vorrichtung 10 umfasst eine Beleuchtungseinheit 86 zum Beleuchten der Szene im Körperinneren, um die Abbildungseigenschaften der Vorrichtung 10 zu verbessern. Die Beleuchtungseinheit 86 umfasst eine Lichtquelle 88, die vorliegend in einem Gehäuse 90 extern zum Endoskop 26 aufgenommen ist. Eine Lichtleitung 92 ist vom Gehäuse 90 zum Gehäuse 34 des Endoskops 26 geführt. An die Lichtleitung 92 sind drei Leuchtelemente 94, 96 und 98 angekoppelt, die vorliegend als Lichtleitelemente in Gestalt von Glasfaserbündeln ausgestaltet sind.

Die Leuchtelemente 94, 96, 98 sind vom Gehäuse 34 durch den Schaft 30 geführt und erstrecken sich bis zum distalen Ende 32.

Zumindest im Bereich des distalen Endes 32 sind die Leuchtelemente 94, 96, 98 symmetrisch zueinander gemäß einem gleichseitigen Dreieck (bezogen auf eine proximale Blickrichtung auf das distale Ende 32) angeordnet. Weiter besteht eine Symmetrie der Anordnung der Leuchtelemente 94, 96, 98 in Bezug auf die Abbildungselemente 56, 58 und 60. Je ein Leuchtelement 94, 96, 98 ist einem der Abbildungselemente 56, 58 bzw. 60 bezüglich der Achse 68 des Schaftes 30 diametral gegenüberliegend angeordnet.

Auf diese Weise wird eine möglichst gleichmäßige Ausleuchtung der Szene im Körperinneren ermöglicht. Die Anordnung der Leuchtelemente 94, 96, 98 distal radial außenseitig bezüglich der Abbildungselemente 56, 58 und 60 erweist sich als vorteilhaft zur Vermeidung von Reflexionen an den an den zu visualisierenden Objekten.

Bei einer andersartigen vorteilhaften Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung kann ein zum Endoskop 26 unterschiedlich ausgestaltetes Endoskop 100 vorgesehen sein, dessen Schaft 102 in Figur 4 in einer der Figur 3 entsprechenden Weise dargestellt ist.

Beim Endoskop 100 sind die Abbildungselemente 56, 58, 60 kollinear positioniert, wobei deren Achsen 62, 64 bzw. 66 parallel zueinander verlaufen. Die Achse des mittleren Abbildungselementes fällt mit der Achse 68 des Schaftes 102 zusammen.

Die Beleuchtungseinheit 86 umfasst bei der andersartigen Vorrichtung zwei Leuchtelemente 94, 96, die seitlich neben der Dreier-Anordnung der Abbildungselemente 56, 58 und 60 positioniert sind.

Wie bereits erläutert können die Bildsensoren 70, 72 und 74 unterschiedlich ausgestaltet sein. Beispielsweise sind die Bildsensoren 70 und 72 identisch und als Monochrom-Sensoren und speziell als Graustufen-Sensoren ausgestaltet. Die Bildsensoren 70, 72 können dementsprechend eine vergleichsweise hohe Auflösung erzielen.

Der Bildsensor 74 kann sich bei der Vorrichtung 10 hinsichtlich der Auflösung und/oder spektralen Empfindlichkeit von den Bildsensoren 70, 72 unterscheiden. Vorliegend ist der Bildsensor 74 beispielsweise ein Farbbildsensor zur Farbbilddarstellung, zum Beispiel im RGB-Format.

Die Datenverarbeitungseinheit 36 ist so ausgebildet und programmiert, dass sie anhand der Bilddatensätze 78, 80 der Bildsensoren 70 bzw. 72 ein Stereobild 104 erstellt. Das Stereobild 104 kann an der Anzeigeeinheit 46 dargestellt werden und zeigt dem Operateur 24 die Szene im Bauchraum 22, um ihm die Führung des Endoskopes 26 zu erleichtern.

Darüber hinaus ist die Datenverarbeitungseinheit 36 so ausgebildet und programmiert, dass sie die Bilddatensätze 78, 80 und 82 auf korrespondierende (sogenannte homologe) Bildpunkte analysiert und korrespondierende Bildpunkte in den Bilddatensätzen 78, 80 und 82 ermittelt. Auf diese Weise ist es der Datenverarbeitungseinheit 36 mit hoher Präzision möglich, etwaige Mehrdeutigkeiten, wie sie im Falle von nur zwei Bilddatensätzen auftreten können, unter Berücksichtigung eines dritten Bilddatensatzes auszuschließen.

Anhand der Bilddatensätze 78, 80 und 82 kann die Datenverarbeitungseinheit 36 einen 3D-Oberflächendatensatz abgebildeter Objekte erstellen, beispielsweise des Organs 20. Ein 3D-Bild 106 des 3D-Datensatzes kann an der Anzeigeeinheit 46 dargestellt werden. Es besteht auch die Möglichkeit, das 3D-Bild 106 mit dem Stereobild 104 zu überlagern.

Die Analyse der Bilddatensätze 78, 80 und 82 kann insbesondere in Echtzeit im Sub-Sekunden-Intervall durchgeführt werden. Die fortlaufende Analyse der Bilddatensätze 78, 80, 82 erlaubt es der Datenverarbeitungseinheit 36, Positions- und/oder Formänderungen des Organs 20 zeitabhängig zu ermitteln. Das Organ 20 kann dementsprechend von der Datenverarbeitungseinheit 36 getrackt werden, wobei durch fortlaufende Analyse der Bilddatensätze 78, 80, 82 jeweils die Oberfläche des Organs 20 nahezu in Echtzeit rekonstruiert wird. Dies steigert den Nutzen und die Anwenderfreundlichkeit der Vorrichtung 10 für den Operateur 24 immens. Insbesondere verfügt der Operateur 24 über zusätzliche Informationen, die bei herkömmlichen endoskopischen Vorrichtungen nicht verfügbar sind.

Bei der Berücksichtigung der drei Abbildungseinheiten 50, 52 und 54 lassen sich Schwierigkeiten beheben, die beim Einsatz herkömmlicher Technik zur Visualisierung, auch Stereovisualisierung, im medizinischen Umfeld auftreten. Wie bereits erwähnt können Mehrdeutigkeiten weitgehend eliminiert werden. Dies ermöglicht die Oberflächenrekonstruktion von Bereichen des Organs 20, die homogen oder arm an Textur sind. Reflexionen am untersuchten Organ 20 sind weniger störend, weil durch die zusätzlichen Bildinformationen die Suche nach korrespondierenden Bildpunkten in den Bilddatensätzen 78, 80 und 82 erleichtert wird.

Zudem ergibt sich durch die Integration aller Abbildungselemente 56, 58 und 60 sowie ergänzend der Leuchtelemente 94, 96 und 98 in demselben Schaft 30 eine sehr kompakte Bauform. Eine Untersuchung des Patienten 18 ist mit geringer Invasivität möglich.

Die Vorrichtung 10 kann ferner mindestens ein Werkzeug 108 aufweisen, das vorliegend als chirurgisches Instrument 110 ausgestaltet ist. Am Instrument 110 kann eine Kennzeichnung 112 vorgesehen sein. Vorliegend umfasst die Kennzeichnung 112 eine Mehrzahl von coaxialen Ringen 114, die axial voneinander beabstandet an einem Schaft 116 des Instrumentes 110 angeordnet sind.

Die Datenverarbeitungseinheit 36 kann das Instrument 110 anhand der Kennzeichnung 112 identifizieren und ebenso wie das Organ 20 als beobachtetes Objekt tracken.

## Bezugszeichenliste:

10	Vorrichtung
12	Untersuchungsgegenstand
14	Objekt
16	Körper
18	Patient
20	Organ
22	Bauchraum
24	Operateur
26	Endoskop
28	Griffelement
30	Schaft
32	distales Ende
34	Gehäuse
36	Datenverarbeitungseinheit
38	Gehäuse
40	Gehäuse
42	Auswerteeinheit
44	Recheneinheit
46	Anzeigeeinheit
48	Bildanzeige
50, 52, 54	Abbildungseinheit
56, 58, 60	Abbildungselement
62, 64, 66	Achse
68	Achse
70, 72, 74	Bildsensor
76	Signalleitung
78, 80, 82	Bilddatensatz
84	Auswerteglied
85	Rechenglied
86	Beleuchtungseinheit
88	Lichtquelle

90	Gehäuse
92	Lichtleitung
94, 96, 98	Leuchtelement
100	Endoskop
102	Schaft
104	Stereobild
106	3D-Bild
108	Werkzeug
110	Instrument
112	Kennzeichnung
114	Ring
116	Schaft

**PATENTANSPRÜCHE**

1. Endoskopische Vorrichtung, insbesondere für medizinische Anwendungen, umfassend ein Endoskop (26; 100) mit einem in einen Untersuchungsgegenstand (12) einführbaren Schaft (30; 102) und eine Datenverarbeitungseinheit (36), drei oder mehr optische Abbildungseinheiten (50, 52, 54) mit jeweiligen, distal am Schaft (30; 102) angeordneten Abbildungselementen (56, 58, 60) und diesen zugeordneten Bildsensoren (70, 72, 74) zum Bereitstellen von Bilddatensätzen (78, 80, 82) für die Datenverarbeitungseinheit (36), wobei die Datenverarbeitungseinheit (36) so ausgebildet und programmiert ist, dass sie anhand der Bilddatensätze (78, 80, 82) darin korrespondierende Bildpunkte ermittelt und einen 3D-Oberflächendatensatz eines von den Abbildungseinheiten (50, 52, 54) abgebildeten Objektes (14) im Untersuchungsgegenstand (12) erstellt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (36) die korrespondierenden Bildpunkte zur Erstellung des 3D-Datensatzes in Echtzeit ermittelt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Positions- und/oder Formänderungen des Objekts (14) von der Vorrichtung (10) zeitabhängig ermittelbar sind.
4. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinheit (36) anhand von zwei Bilddatensätzen (78, 80) einen Stereobilddatensatz erstellt, der auf korrespondierende Bildpunkte mit zumindest einem weiteren Bilddatensatz (82) untersucht wird, insbesondere dass die Datenverarbeitungseinheit (36) von je zwei Bilddatensätzen einen Stereobilddatensatz erstellt, der auf korrespondierende Bildpunkte mit einem jeweiligen weiteren Bilddatensatz untersucht wird.

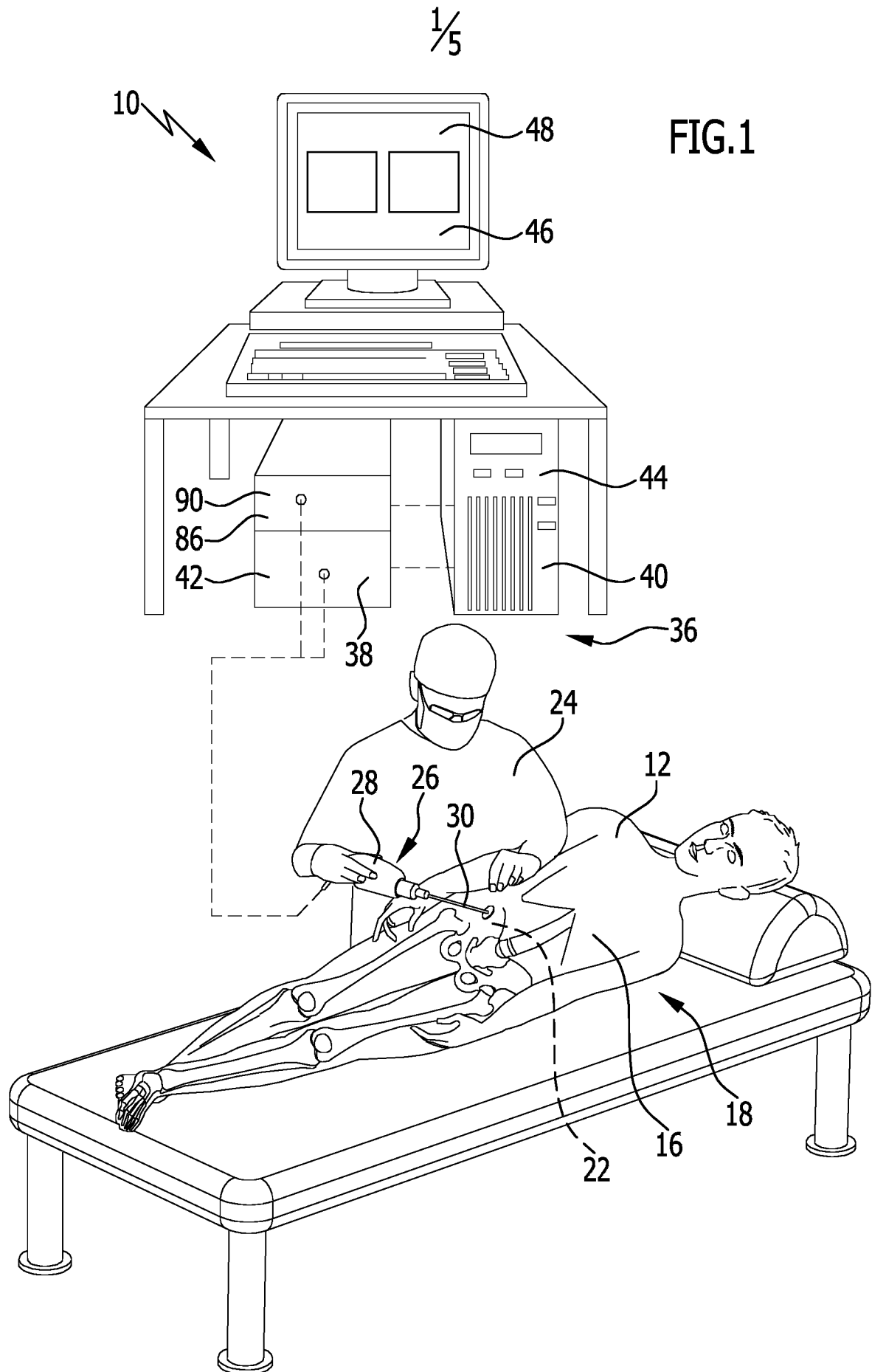
5. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (10) eine mit der Datenverarbeitungseinheit (36) gekoppelte Anzeigeeinheit (46) umfasst und dass die Datenverarbeitungseinheit (36) anhand von zwei Bilddatensätzen (78, 80) ein Stereobild (104) des Objektes (14) erstellt und an der Anzeigeeinheit (46) darstellt und/oder dass die Datenverarbeitungseinheit (36) ein Bild (106) des 3D-Datensatzes an der Anzeigeeinheit (46) darstellt.
6. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungselemente (56, 58, 60) kollinear am Schaft (102) angeordnet sind.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass eines der Abbildungselemente (56, 58, 60) symmetrisch bezüglich einer von zwei weiteren Abbildungselementen (56, 58, 60) gebildeten Basis am Schaft (30) angeordnet ist.
8. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungselemente (56, 58, 60) in regelmäßiger Anordnung am Schaft (30) angeordnet sind, beispielsweise gemäß einem gleichschenkligen und insbesondere gleichseitigen Dreieck.
9. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Abbildungselemente (56, 58, 60) in planarer Anordnung zueinander angeordnet sind und/oder dass zumindest zwei Bildsensoren (70, 72, 74) in planarer Anordnung zueinander angeordnet sind.
10. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bildsensoren im Schaft angeordnet sind und über Signalleitungen mit der außerhalb des Untersuchungsgegenstandes positionierten Datenverarbeitungseinheit gekoppelt sind.



11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungselemente (56, 58, 60) über im Schaft (30; 102) geführte Lichtleitelemente mit den Bildsensoren (70, 72, 74) gekoppelt sind, die außerhalb des Untersuchungsgegenstandes (12) in einem Gehäuse (34) angeordnet sind.
12. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (10) eine Beleuchtungseinheit (86) umfasst mit mindestens einem in den Untersuchungsgegenstand (12) einführbaren Leuchtelement (94, 96, 98).
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mehrzahl von Leuchtelementen (94, 96, 98) vorgesehen ist, wobei vorzugsweise jeder Abbildungseinheit (50, 52, 54) ein Leuchtelement (94, 96, 98) zugeordnet ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Leuchtelement (94, 96, 98) mindestens einen im Schaft (30; 102) geführten Lichtleiter umfasst oder bildet.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtleiter symmetrisch zueinander und/oder symmetrisch relativ zu den Abbildungselementen (56, 58, 60) im Schaft (30; 102) und insbesondere distal am Schaft (30; 102) angeordnet sind.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtleiter radial außenseitig bezüglich der Abbildungselemente (56, 58, 60) angeordnet sind, bezogen auf eine Achse (68) des Schaftes (30; 102).
17. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaft (30; 102) starr oder flexibel ist.

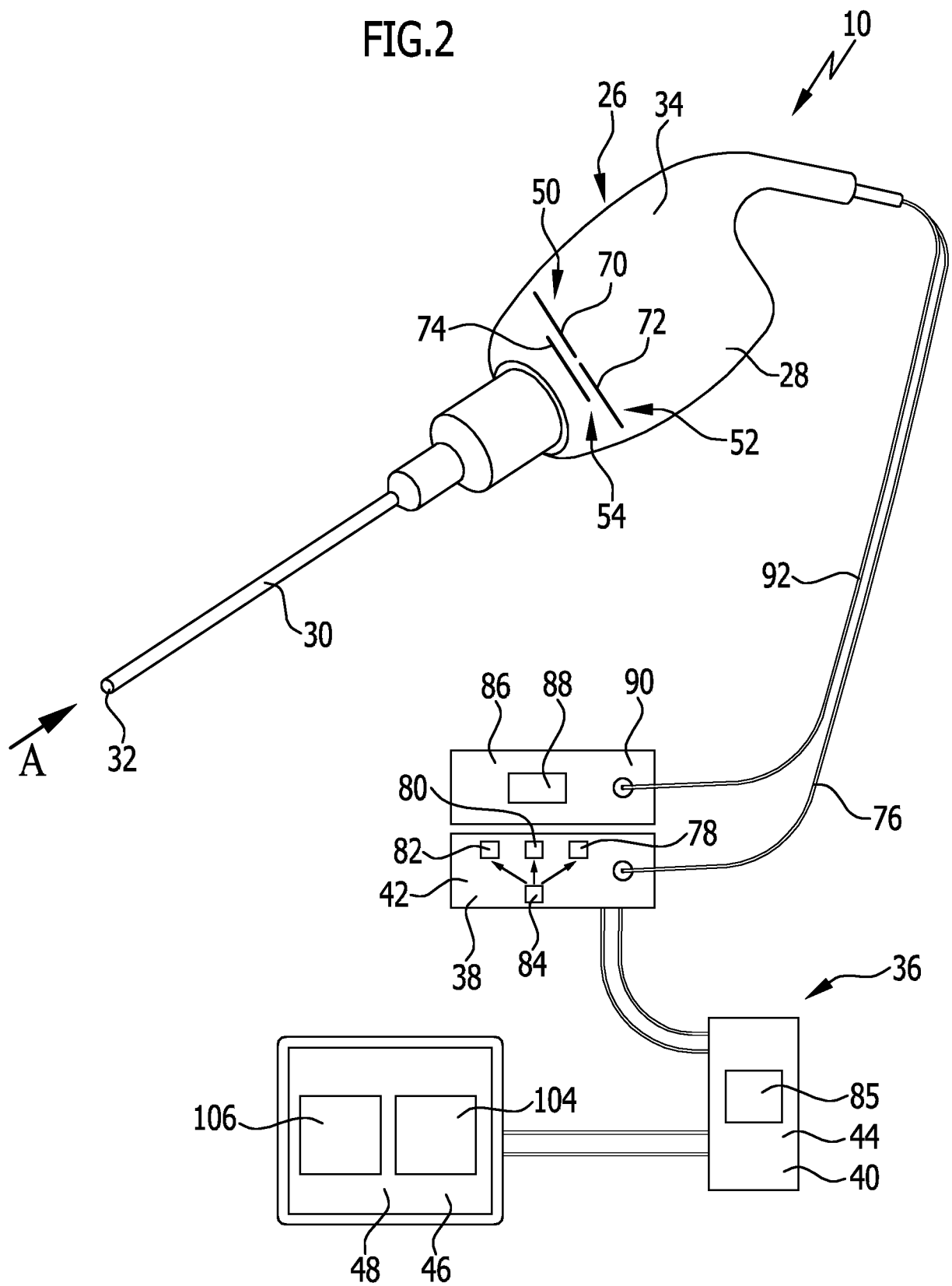
18. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei der drei oder mehr Bildsensoren (70, 72, 74) sich hinsichtlich spektraler Empfindlichkeit und/oder Auflösung voneinander unterscheiden.
19. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die spektrale Empfindlichkeit zumindest eines Bildsensors (70, 72, 74) im Infrarotbereich, im Bereich des sichtbaren Spektrum oder im Ultraviolettbereich liegt.
20. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei der drei oder mehr Bildsensoren (70, 72, 74) hinsichtlich der Auflösung und/oder der spektralen Empfindlichkeit identisch ausgestaltet sind, insbesondere als Monochrom-Sensoren oder als Farbbildsensoren.
21. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Bildsensoren (70, 72, 74) Monochrom-Sensoren sind und der dritte Bildsensor (70, 72, 74) ein Farbbildsensor.
22. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Bildsensor ein Time-of-Flight-Sensor ist oder einen solchen umfasst, der einen Abstandsbilddatensatz bereitstellt, und dass die Datenverarbeitungseinheit anhand des Abstandsbilddatensatzes eine Abstandsinformation zum Abgleich mit einem aus anderen Bilddatensätzen gewonnenen Stereobilddatensatz ermittelt.
23. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass anhand der Datenverarbeitungseinheit (36) eine Kontrolle der Abbildungseigenschaften der Abbildungseinheiten (50, 52, 54) durchführbar ist und bei Abweichung von einem Sollzustand vorzugsweise ein diesbezüglicher Hinweis ausgebar ist.

24. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (10) mindestens ein Werkzeug (108) zum Handhaben im Untersuchungsgegenstand (12) aufweist, das eine Kennzeichnung (112) umfasst, die von der Datenverarbeitungseinheit (36) in den Bilddatensätzen (78, 80, 82) erkennbar ist zur Identifikation des Werkzeuges (108).
25. Verfahren zur endoskopischen Untersuchung eines Untersuchungsgegenstandes, insbesondere für medizinische Anwendungen, bei dem ein Schaft eines Endoskops in einen Untersuchungsgegenstand eingeführt wird und ein Objekt im Untersuchungsgegenstand abgebildet wird, wobei drei oder mehr optische Abbildungseinheiten mit jeweiligen, distal am Schaft angeordneten Abbildungselementen und diesen zugeordneten Bildsensoren zum Bereitstellen von Bilddatensätzen für die Datenverarbeitungseinheit vorgesehen sind, wobei die Datenverarbeitungseinheit anhand der Bilddatensätze darin korrespondierende Bildpunkte ermittelt und einen 3D-Oberflächendatensatz des von den Abbildungseinheiten abgebildeten Objektes erstellt.



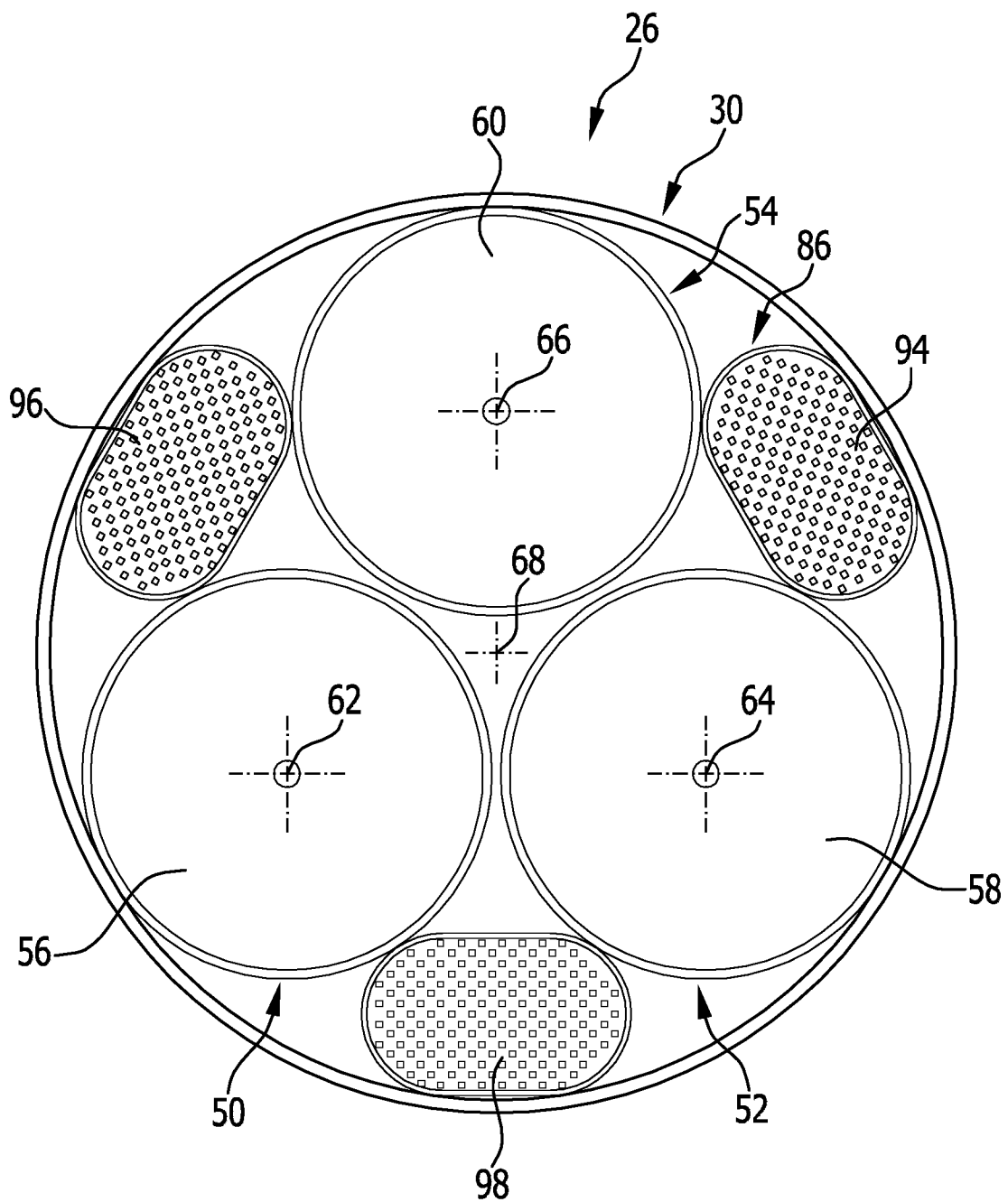
2/5

FIG.2



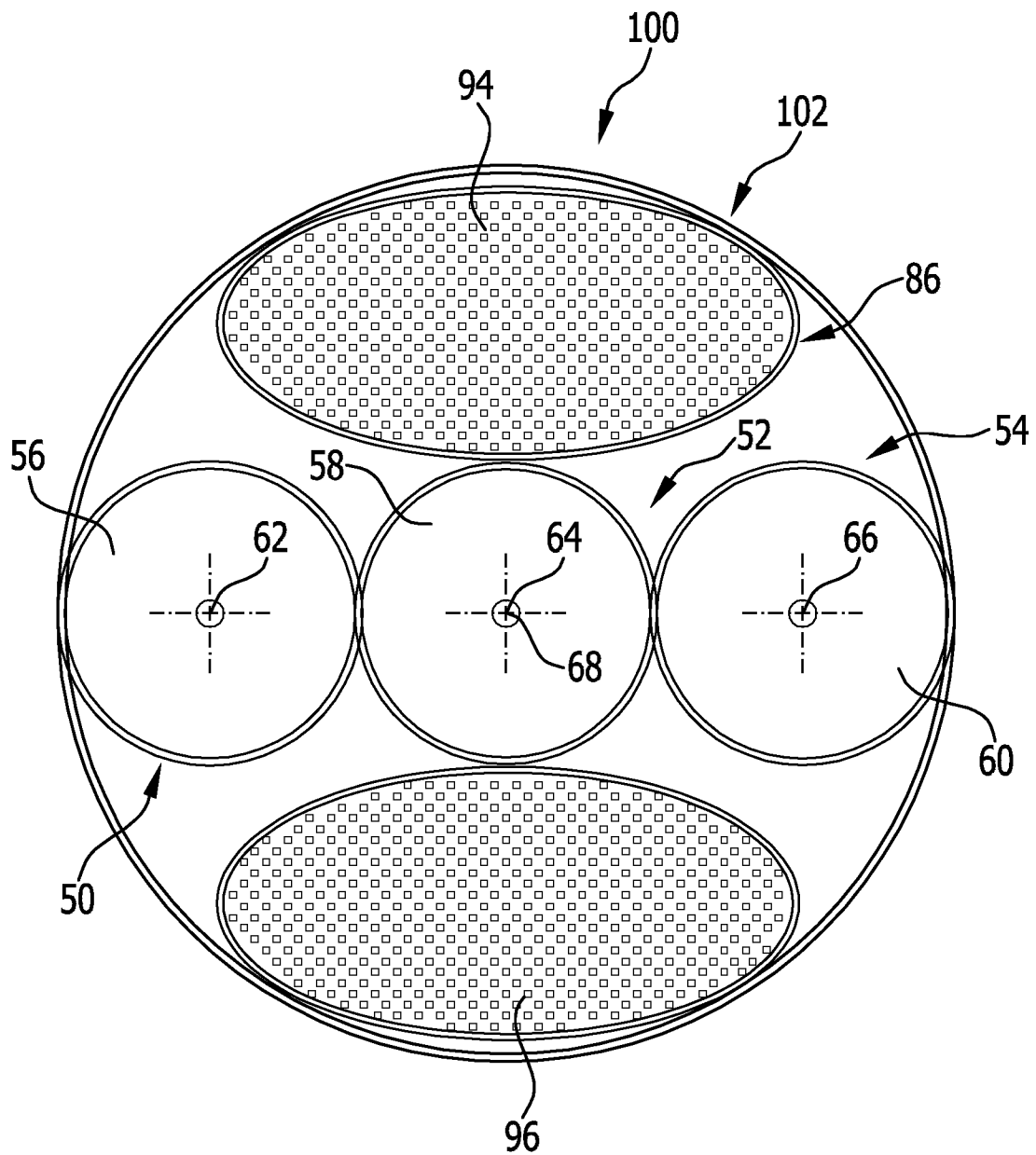
$\frac{3}{5}$ 

**FIG.3**



4/5

FIG.4



5/5

FIG.5

