



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 059 271 A1** 2007.06.14

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 059 271.6**

(22) Anmeldetag: **12.12.2005**

(43) Offenlegungstag: **14.06.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **A61M 25/00** (2006.01)

**A61M 25/01** (2006.01)

**A61M 29/00** (2006.01)

**A61M 25/082** (2006.01)

**A61M 25/088** (2006.01)

**A61M 25/095** (2006.01)

**A61M 25/092** (2006.01)

**A61M 25/098** (2006.01)

**A61M 25/10** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**Siemens AG, 80333 München, DE**

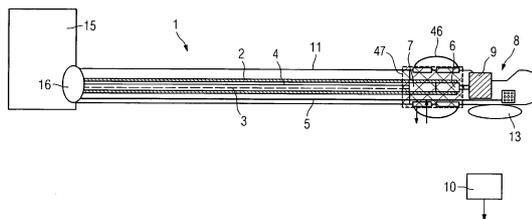
(72) Erfinder:  
**Maschke, Michael, 91475 Lonnerstadt, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Kathetervorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Kathetervorrichtung (1) zur Durchführung von Atherektomie, umfassend einen Atherektomiekatheter und einen am Atherektomiekatheter vormontierten Stent (47, 48).



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Kathetervorrichtung zur Durchführung von Atherektomie.

**[0002]** Vaskuläre Gefäßerkrankungen zählen zu den häufigsten Erkrankungen mit Todesfolge. Dazu zählt vor allem der Herzinfarkt, der durch Erkrankungen der Koronargefäße verursacht wird. Wenn es durch arteriosklerotische Plaque zu einer Verstopfung von Koronargefäßen kommt, wird dieses Krankheitsbild zumeist durch perkutane transluminale koronare Angioplastie (PCTA) behandelt. Die Engstellen der Koronargefäße werden dabei mit einem Ballonkatheter gedehnt. Allerdings haben klinische Studien gezeigt, dass es bei sehr vielen Patienten zu einer Restenose kommt, zum Teil bildeten sich bei 50% der Patienten derartige Restenosen. Als alternatives Verfahren ist seit einigen Jahren Hochfrequenz-Rotorablation-Angioplastie bekannt, das insbesondere bei fibrotischen oder verkalkten oder lang gestreckten Stenosen vorteilhaft eingesetzt werden kann.

**[0003]** Um die Gefahr der Bildung von Restenosen zu reduzieren, wird koronare Atherektomie eingesetzt, um eine Rekanalisation stenosierter Koronararterien durch „Debulking“ zu erzielen. Das Gerät für die Durchführung der Atherektomie ist ein Kathetersystem mit einem Metallgehäuse, in dem sich der eigentliche Schneidapparat, der so genannte Cutter befindet. Der Cutter, der aus einem konisch geschliffenen Messer besteht, ist über eine flexible Verbindung mit einem Motor außerhalb des Patienten verbunden. Das Schneidmesser wird von diesem Motor mit einer Geschwindigkeit von 1500 – 2000 rpm angetrieben. Auf dem Metallgehäuse ist auf einer Seite ein Ballon montiert, auf der contralateralen Seite ist ein Fenster. Bei der Atherektomie wird der Ballon aufgeblasen, und damit werden die Öffnungen und das Messer in die Plaque gedrückt. Das rotierende Messer kann nun von außen nach vorne gegen die Spitze des Atherektomiegehäuses geschoben werden. Dadurch wird die Plaque herausgeschnitten und das Plaque-Material an die Spitze des Atherektomiegerätes geschoben. Der Ballon wird dann abgelassen, das Atherektomiegerät ein wenig rotiert, so dass das Fenster in eine andere Richtung der Plaque zeigt, und der Prozess wird wiederholt. Eine Atherektomievorrichtung ist aus der US 5,895,402 bekannt.

**[0004]** Oft ist es bei der Behandlung vaskulärer Gefäßerkrankungen notwendig, zum Aufrechterhalten der Öffnung des Gefäßes einen Stent, also eine Gefäßstütze, einzubringen, die die Gefäßwand mechanisch stabilisiert. Mit Stents kann beispielsweise eine weitere Aufdehnung des Gefäßes erreicht werden. Um solche Stents einzubringen, ist es erforderlich, den Katheter, an dem das Atherektomiewerkzeug für die Behandlung der Gefäßverengung vorgesehen ist, wieder zu entfernen und anschließend den Stent mit

einem zweiten Katheter einzubringen. Dieser Vorgang ist jedoch belastend für den Patienten und mit Risiken verbunden, insbesondere hinsichtlich des Entstehens einer Restenose.

**[0005]** In der US 2005/0203553 A1 ist ein Katheter mit einem integrierten OCT-Sensor für den Einsatz in Blutgefäßen vorgeschlagen worden, durch den die Bilddarstellung im Nahbereich der Stenose verbessert wird.

**[0006]** Durch die US 2005/0101859 A1 ist ein medizinisches Untersuchungs- und/oder Behandlungssystem vorgeschlagen worden, das die bildgebenden Verfahren OCT und IVUS in einer Vorrichtung vereint. Dadurch können überlagerte 2D-Bildaufnahmen erzeugt werden, wobei der OCT-Bildanteil für den Nahbereich und der IVUS-Bildanteil für den Fernbereich eingesetzt wird.

**[0007]** Aus der US 2005/0113685 A1 ist ein medizinisches Untersuchungs- und/oder Behandlungssystem bekannt, bei dem die bildgebenden Verfahren OCT und IVUS in einem Katheter vereint sind, der zusätzlich mit einem Positionssensor versehen ist. Mittels der von dem Positionssensor erfassten Informationen können 3D-Aufnahmen erzeugt werden.

**[0008]** Allen bekannten Lösungen ist gemeinsam, dass sie jeweils lediglich einzelne Problemstellungen lösen, es war jedoch bisher nicht möglich, die herkömmlichen Katheter auf optimale Weise in den medizinischen Arbeitsablauf zu integrieren.

**[0009]** Der Erfindung liegt daher das Problem zugrunde, eine Kathetervorrichtung anzugeben, die besser in den medizinischen Arbeitsablauf integriert ist und mit der das Einbringen eines Stents erleichtert werden kann.

**[0010]** Zur Lösung dieser Aufgabe ist bei einer Kathetervorrichtung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß vorgesehen, dass sie einen Atherektomiekatheter und am Atherektomiekatheter einen vormontierten Stent umfasst.

**[0011]** Die Kathetervorrichtung kann zudem einen OCT-Sensor, einen IVUS-Sensor, bzw. Positionssensoren sowie eine Bildverarbeitungseinheit, die gegebenenfalls zur Erzeugung kombinierter, auf den Daten der Sensoren basierender, 2D- und/oder 3D-Bildaufnahmen ausgebildet ist, aufweisen.

**[0012]** Damit wird eine optimale diagnostische Bildgebung im Rahmen einer minimalinvasiven medizinischen Therapie gestattet.

**[0013]** Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bisher lediglich separat genutzte Katheter zu einer integrierten Baueinheit vereint werden können,

indem ein Atherektomiekatheter und ein vormontierter Stent sowie gegebenenfalls ein IVUS-Sensor, ein OCT-Sensor sowie Positionssensoren verwendet werden und die daraus erhaltenen Bildinformationen in einer 2D-Darstellung überlagert bzw. zur Erstellung einer 3D-Bildaufnahme eingesetzt werden.

**[0014]** Der Kombinationskatheter weist einen vormontierten Stent auf, der zur Abstützung des Gefäßes dient. Dadurch, dass ein solcher Stent, worunter selbstverständlich auch mehrere separate, der Gefäßabstützung dienende Vorrichtungen bzw. Stents verstanden werden, ebenfalls an der einen integrierten Kathetervorrichtung angeordnet ist, entfällt ein erneutes Entfernen eines Katheters, der beispielsweise für die Beseitigung der Plaque im Rahmen einer Atherektomie verwendet wurde. Der Stent kann mittels der integrierten Kathetervorrichtung gleichzeitig mit den Behandlungswerkzeugen eingebracht werden. Hieraus folgt ein deutlich reduziertes Restenoserisiko.

**[0015]** Insgesamt wird so eine Behandlung mit einem einzigen Katheter möglich, mit dem sowohl der Gefäßverschluss gegebenenfalls unter einer entsprechenden Bildüberwachung entfernt werden, als auch ein die Öffnung aufrechterhaltender Stent in das Gefäß eingebracht werden kann. Die Behandlung erfordert somit weniger Behandlungsschritte, wobei außerdem gegebenenfalls die Möglichkeit einer Überwachung des Vorgangs mit dreidimensionalen Aufnahmen besteht. Bei einer Kombination von IVUS, OCT und Positionssensoren ist die Nahbereichsdarstellung gewährleistet, während gleichzeitig ausreichend gute Bilder von tiefer liegenden Gewebeschichten erhalten werden. Durch die Ausnutzung der Signale des Positionssensorsystems können die Anordnung und Bewegung des integrierten Behandlungskatheters für die Atherektomie mit Hilfe der IVUS-, OCT- und der genannten, zum Beispiel elektromagnetischen Signale des Positionssensorsystems abgebildet werden, sodass die Röntgenstrahlung, der der Patient ausgesetzt ist, vermindert werden kann.

**[0016]** Der Stent kann im Bereich der Spitze des Katheters vormontiert sein. Somit befindet sich die Vorrichtung zur Abstützung des Gefäßes von vorne herein im Behandlungsbereich, sodass anschließend ohne eine größere Katheterbewegung der Stent an der richtigen Stelle, an der die Behandlung durch Atherektomie stattgefunden hat, platziert werden kann.

**[0017]** Im Bereich der Spitze des Katheters kann zudem ein ausdehnbarer Ballon vorgesehen sein, wobei der vormontierte Stent in Abhängigkeit von der Ausdehnung des Ballons platzierbar und/oder befestigbar ist. Der Stent wird so beim Füllen des Ballons mit Druckluft beispielsweise in die Gefäßwand ge-

drückt und dadurch befestigt. Der Stent kann im nicht entfalteten Zustand auf dem Ballon angeordnet sein bzw. er befindet sich im Bereich des Ballons, sodass bei einer Ausdehnung des Ballons die Anordnung des Stents bezüglich des Gefäßes beeinflusst wird. Beispielsweise kann der Stent bei der Entfaltung des Ballons über seine elastischen Grenzen hinaus verformt bzw. überdehnt werden, sodass die durch das Aufblasen des Ballons entstandene Form hinterher bestehen bleibt. Dadurch wird der Stent mit Hilfe des Ballons gezielt geformt und angeordnet bzw. im Gefäßbereich befestigt oder verankert.

**[0018]** Der Stent kann außerdem wenigstens teilweise selbstentfaltend ausgebildet sein. In diesem Fall wird beispielsweise eine den Stent wenigstens teilweise umgebende Hülle aus einem Kunststoffmaterial entfernt, woraufhin sich der entsprechende Bereich des Stents entfaltet. In der Regel wird entweder ein sich mit Hilfe eines Ballons entfaltender Stent verwendet oder ein selbstentfaltender Stent. Es ist aber auch denkbar, diese beiden Möglichkeiten zur Einbringung bzw. Befestigung des Stents im Gefäßbereich zu kombinieren.

**[0019]** Darüber hinaus kann der Stent wenigstens teilweise aus Metall ausgebildet sein, insbesondere aus Edelstahl oder Nitinol. In der Regel werden für Stents gitterartige bzw. netzartige Anordnungen verwendet, die beispielsweise aus Stahl oder einem bestimmten Metall bzw. anderen Metalllegierungen bestehen, beispielsweise aus der Nickel-Titan-Legierung Nitinol oder einer anderen Formgedächtnislegierung.

**[0020]** Außerdem kann der Stent wenigstens teilweise aus bioresorbierbarem Material ausgebildet sein, insbesondere aus biologischem Material und/oder Magnesium und/oder Bio-Engineering-Material und/oder Kunststoff. Beispielsweise können Polymere verwendet werden. Bei bioresorbierbaren Materialien besteht der Vorteil, dass diese sich nach einer gewissen, unter Umständen vordefinierten, Zeit auflösen, sodass der Stent, wenn er nach einer gewissen Zeit nicht mehr zur Gefäßabstützung notwendig ist, ohne einen weiteren Eingriff und ohne ein Risiko für den Patienten darzustellen selbsttätig abgebaut und damit entfernt wird. Selbstverständlich können für den Stent weitere vorteilhafte Materialien und Materialkombinationen verwendet werden, die positive Auswirkungen auf die Gefäßinnenfläche haben bzw. das Gefäß abstützen und dessen Öffnung aufrechterhalten können. Zudem sind Anforderungen hinsichtlich der Möglichkeiten zur Einbringung sowie zur Sichtbarmachung zum Beispiel für Kontrolluntersuchungen einzuhalten. Daneben sind die Eigenschaften der Stentmaterialien hinsichtlich der Beeinflussung der Strömung des Blutes bzw. der Entstehung von Blutgerinnseln zu beachten.

**[0021]** Der Stent ist vorteilhafterweise beschichtet ausgebildet, insbesondere mit einer Nanobeschichtung und/oder einer Wirkstoffbeschichtung. Mit derartigen Beschichtungen lässt sich beispielsweise die Führung der Kathetervorrichtung, auf der der Stent bzw. die Stents vormontiert sind, verbessern. Eine Beschichtung mit Wirkstoffen bzw. Medikamenten, die im Verlauf einer bestimmten Zeit oder zu einem bestimmten Zeitpunkt freigesetzt werden, wird beispielsweise verwendet, um die Zellteilung der Zellen der Gefäßwand zu kontrollieren. Über entsprechende Wirkstoffe bzw. Medikamente, die abgegeben werden, sobald der Stent im Gefäßbereich platziert ist, kann zudem das Risiko von Restenosen weiter abgesenkt werden.

**[0022]** Die Wirkstoffbeschichtung kann Sirolimus und/oder Paclitaxel und/oder Everolimus und/oder Rapamycin und/oder FK 506 bzw. gegebenenfalls eine Kombination davon beinhalten. Andere Wachstumshemmer sind ebenfalls geeignet.

**[0023]** Weiterhin kann der Katheter mit einer automatischen Vorschub- und/oder Ziehvorrichtung ausgebildet sein. Damit ist es möglich, den integrierten Atherektomiekatheter mit definierter Geschwindigkeit in die Gefäße einzuführen bzw. aus diesen wieder hinauszubringen, wodurch beispielsweise Komplikationen durch ein zu hastiges oder ungenaues manuelles Führen vermieden werden können.

**[0024]** Es wird bevorzugt, dass die erfindungsgemäße Kathetervorrichtung in eine medizinische Behandlungseinrichtung, insbesondere eine Röntgen-einrichtung, integriert ist. Eine solche angiographische oder kardiologische Röntgenanlage mit Hochspannungsgenerator, Röntgenstrahler, Strahlungsblende, Bilddetektoreinheit, Patiententisch, Strahler- und Detektorstativen und einem digitalen Bildsystem ermöglicht die Erstellung von angiographischen Röntgenaufnahmen sowie von Bildaufnahmen in der Art von Computertomographieaufnahmen und ist in der Lage, die von der erfindungsgemäßen Kathetervorrichtung gelieferten Informationen und Bildaufnahmen zu verarbeiten, darzustellen und zu überlagern.

**[0025]** Bei der erfindungsgemäßen Kathetervorrichtung kann eine magnetische Steuerung, alternativ jedoch auch eine mechanische Steuerung vorgesehen sein, die vorzugsweise Zugdrähte aufweist, um die Katheterspitze ausulenken. Auf diese Weise kann die Spitze des Katheters zu einer Seite ausgelenkt werden.

**[0026]** Es kann auch vorgesehen sein, dass der Katheter durch ein externes Magnetfeld steuerbar ist, wobei der Katheter wenigstens einen Permanentmagneten und/oder wenigstens einen Elektromagneten aufweist. In weiterer Ausgestaltung der Erfindung

können die Empfängerspulen Eisenkerne aufweisen und wahlweise als Empfangsantenne oder als Elektromagnet zur magnetischen Navigation einsetzbar sein.

**[0027]** Um eine Miniaturisierung des Katheters zu erzielen, ist es nicht erforderlich, dass die Spulen orthogonal zueinander angeordnet seien, vielmehr können diese auch unter einem beliebigen Winkel, insbesondere etwa 60°, angeordnet sein.

**[0028]** Bei der erfindungsgemäßen Kathetervorrichtung kann der OCT-Sensor und/oder der IVUS-Sensor, bezogen auf die Längsachse des Katheters, zur Seite ausgerichtet sein. Dementsprechend können der OCT-Sensor und der IVUS-Sensor separat oder gemeinsam um die Längsachse des Katheters drehbar sein. Alternativ können jedoch auch mehrere auf dem Umfang verteilte feststehende Sensoren vorgesehen sein, die nacheinander abgefragt werden. Es ist auch möglich, dass der Katheter durch eine Antriebseinheit mit festlegbarer Geschwindigkeit vorschubbbar oder rückziehbar ist. Auf diese Weise können dreidimensionale Bildaufnahmen erstellt werden.

**[0029]** Im Rahmen der Bildverarbeitung kann die Bildverarbeitungseinheit der erfindungsgemäßen Kathetervorrichtung zur Approximation der Mittellinie und/oder der Hüllkurve eines zu untersuchenden Körperteils, insbesondere eines Gefäßes, ausgebildet sein. Die Gefäßhüllkurve kann in weiteren Bildnachverarbeitungsschritten verwendet werden. Beispielsweise können mit Hilfe der Hüllkurve die dreidimensionalen OCT-IVUS-Bildaufnahmen mit anderen anatomischen Bilddaten, die etwa von einem 3D-Angiographiesystem stammen, registriert und anschließend fusioniert dargestellt werden. Dabei werden die 3D-Bildaufnahmen des Katheters und die anatomischen Bilddaten zweckmäßig in ein gemeinsames Koordinatensystem überführt.

**[0030]** Um bei der erfindungsgemäßen Kathetervorrichtung Bewegungsartefakte, die beispielsweise durch die Atmung, die Bewegung des Herzens oder anderer Organe entstehen, zu vermeiden, kann die Frequenz und/oder die Amplitude der Bewegung erfasst und rechnerisch korrigiert werden.

**[0031]** Um Störungen bei der Signalerfassung der Sensoren zu vermeiden, kann es vorgesehen sein, dass die Sensoren zeitlich versetzt getaktet auslesbar sind. Beispielsweise werden Röntgendetektoren und ein gegebenenfalls vorhandenes Elektrokardiogramm nicht ausgelesen, wenn die Sender des elektromagnetischen Positionssystems aktiv sind. Die OCT-Sensoren und die Positionssensoren werden nicht ausgelesen, wenn die Röntgenstrahlung aktiv ist. Es werden also jeweils nur diejenigen Signale erfasst, die nicht durch Störungen beeinflusst werden.

**[0032]** Besonders gute Ergebnisse lassen sich erzielen, wenn die erfindungsgemäße Kathetervorrichtung eine Beschichtung zur Abschirmung gegenüber elektromagnetischen Feldern aufweist. Eine solche Beschichtung kann eine Dünnschicht aus leitenden Nanopartikeln aufweisen.

**[0033]** Um eine Gefährdung des Patienten durch die Netzspannung zu vermeiden, können der Katheter und seine Sensoren galvanisch von der Netzspannung entkoppelt sein.

**[0034]** Um die Ortung des Katheters durch Röntgenaufnahmen zu erleichtern, kann der Katheter Röntgenmarker aufweisen.

**[0035]** Um den Reibungswiderstand des Katheters während der Bewegung innerhalb eines Gefäßes zu verringern, kann er mit einer Beschichtung versehen sein, die vorzugsweise aus einem Silikonmaterial und/oder Nanomaterialien besteht. Zur Unterstützung der Positionierung kann der Katheter, insbesondere an seiner Spitze, einen aufblasbaren Ballon aufweisen.

**[0036]** Um gegebenenfalls bei erhöhten Temperaturen eine Warnung auszugeben, kann der Katheter einen vorzugsweise an der Spitze angeordneten Temperatursensor aufweisen, gegebenenfalls auch einen Drucksensor.

**[0037]** Daneben betrifft die Erfindung eine medizinische Behandlungseinrichtung, insbesondere eine Röntgeneinrichtung. Die erfindungsgemäße Behandlungseinrichtung umfasst eine Kathetervorrichtung der beschriebenen Art.

**[0038]** Daneben betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Erzeugung von Untersuchungsbildern bei der Durchführung von Atherektomie. Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Atherektomiekatheter benutzt wird, der einen OCT-Sensor, einen IVUS-Sensor und Positionssensoren sowie einen vormontierten Stent besitzt, wobei durch eine Bildverarbeitungseinheit kombinierte, auf den Daten der Sensoren basierende, 2D- und/oder 3D-Bildaufnahmen erzeugt werden.

**[0039]** Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Figuren erläutert. Die Figuren sind schematische Darstellungen und zeigen:

**[0040]** [Fig. 1](#) eine erfindungsgemäße Kathetervorrichtung zur Durchführung von Atherektomie;

**[0041]** [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Kathetervorrichtung;

**[0042]** [Fig. 4](#) eine erfindungsgemäße Behandlungseinrichtung mit einer Kathetervorrichtung; und

**[0043]** [Fig. 5](#) eine schematische Darstellung der Sensorauslesung mit der Behandlungseinrichtung von [Fig. 4](#).

**[0044]** In [Fig. 1](#) ist eine erfindungsgemäße Kathetervorrichtung **1**, die als Atherektomiekatheter ausgebildet ist, dargestellt. Die erfindungsgemäße Kathetervorrichtung **1** weist eine hohle flexible Antriebswelle **2** auf, in der eine OCT-Signalleitung **3** und eine IVUS-Signalleitung **4** integriert sind. Zudem ist in der flexiblen Antriebswelle **2** eine Signalleitung **5** für ein Positionssystem, das als elektromagnetisches Sensorsystem ausgebildet ist, angeordnet. Ein IVUS-Sensor **6** und ein OCT-Sensor **7** sind im vorderen Teil des Katheters integriert. Im Bereich der Katheterspitze **8** befindet sich eine Öffnung mit einem Cutter **9**, der als rotierendes Messer ausgebildet ist. An der Katheterspitze **8** befindet sich ein Lichtaustrittsfenster für den OCT-Sensor **7**. Ferner sind dort magnetische Sensoren des Sensorsystems angeordnet. Diese Sensoren wirken mit einem Positionssensor **10** zusammen, der außerhalb des Körpers des Patienten angeordnet ist. Der Positionssensor **10** ist als elektromagnetischer Sensor ausgebildet.

**[0045]** Zudem weist die Kathetervorrichtung einen vormontierten Stent **47** auf, der als Metalldrahtnetz ausgebildet ist und hier in der nicht expandierten Position skizziert ist. Nach dem Einsatz des Cutters **9** zur Beseitigung der Plaque wird der Stent **47** mittels des dehnbaren Ballons **46**, dessen Zuleitungen hier aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt sind, expandiert. Der Ballon **46** wird gefüllt, sodass der darauf angeordnete Stent **47** in Richtung der Gefäßwand aufgeweitet und in diese eingedrückt wird. Die Positionierung des Stents **47** wird mit Hilfe der Bildgebungssensoren überwacht.

**[0046]** So kann mit der erfindungsgemäßen Kathetervorrichtung **1** eine Atherektomie eines Gefäßverschlusses unter einer optimalen Bildüberwachung durch OCT und IVUS in Kombination mit Positionssensoren durchgeführt und dabei ein Stent im Gefäß platziert werden, ohne dass separate Katheter eingeführt werden müssten. Nach der Beseitigung des Gefäßverschlusses mit Hilfe des Cutters **9** wird der vormontierte Stent **47** in Abhängigkeit vom Füllen des Ballons **46** entfaltet und zur Abstützung des Gefäßes in diesem angeordnet. Der Stent **47** ist mit einer Medikamentenbeschichtung versehen, über die eine definierte Menge eines Medikaments zur Verhinderung von Restenosen freigesetzt wird. Da die Struktur des Stents **47** bekannt ist, wird die Bildgebung während der Atherektomie durch diesen nicht negativ beeinflusst.

**[0047]** Die Antriebswelle **2** ist von einem Katheter-

mantel **11** umgeben. Gegenüber der Öffnung befindet sich ein dehnbarer Ballon **13** zur Unterstützung der Positionierung.

**[0048]** Ein Signalinterface und eine Antriebseinheit **15** sind über eine Rotationskupplung **16** mit der Kathetervorrichtung **1** verbunden.

**[0049]** Bei der in [Fig. 1](#) dargestellten Kathetervorrichtung **1** ist der Cutter **9** zur Durchführung von Atherektomie mit dem OCT-Sensor **7**, dem IVUS-Sensor **6**, Positionssensoren zu einem integrierten Gerät verbunden.

**[0050]** [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) zeigen ein zweites Ausführungsbeispiel einer Kathetervorrichtung.

**[0051]** Für diejenigen Komponenten der Kathetervorrichtung, die mit denjenigen des ersten Ausführungsbeispiels übereinstimmen, werden dieselben Bezugszeichen verwendet.

**[0052]** [Fig. 2](#) zeigt einen Imaging-Katheter **17** mit einem IVUS-Sensor **6**, einem OCT-Sensor **7** mit Sichtfenster, Positionssensoren, Signalleitungen **4** für IVUS und Signalleitungen **3** für OCT. Ebenso sind ein Signalinterface und eine Antriebseinheit **15** vorgesehen.

**[0053]** [Fig. 3](#) zeigt einen Atherektomiekatheter **14**, der ein Lumen aufweist, in das der Imaging-Katheter **17** einführbar ist. Wie der in [Fig. 1](#) dargestellte Katheter weist der Atherektomiekatheter **14** einen Cutter **9** im Bereich der Katheterspitze **8** sowie einen dehnbaren Ballon **13** auf. Im Bereich der Katheterspitze **8** ist das Lumen für OCT und IVUS transparent. Innerhalb des Katheters **14** befindet sich ein Schlauch **18** für ein Druckmittel des Ballons **13**.

**[0054]** Der Atherektomiekatheter **14** weist zudem einen vormontierten Stent **48** auf, der mit einem ausdehnbaren Ballon **49**, bei dem es sich um einen Hochdruckballon handelt, in Abhängigkeit von dessen Ausdehnvorgang entfaltet wird. Der vormontierte Stent **48**, dessen Expansion hier nicht dargestellt ist, ist mit einer Nanobeschichtung versehen, um das Führen des Atherektomiekatheters **14** nicht negativ zu beeinflussen. Damit ist es erfindungsgemäß möglich, den Gefäßverschluss alleine mit dem Atherektomiekatheter **14** mit dem eingeführten Imaging-Katheter **17** vollständig zu behandeln, inklusive des Einbringens des Stents, ohne dass ein Herausziehen bzw. erneutes Einführen weiterer Katheter erforderlich ist.

**[0055]** Die beiden in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) gezeigten Kathetervorrichtungen **1**, **17** besitzen jeweils einen OCT-Sensor und einen IVUS-Sensor. Der OCT-Sensor liefert besonders gute Bilder des Nahbereichs, der IVUS-Sensor liefert eine gute Darstellung von

weiter entfernten bzw. tieferen Schichten.

**[0056]** Die Kathetervorrichtungen **1**, **17** sind an eine Bildverarbeitungseinheit angeschlossen, die aus den von beiden Sensoren gelieferten Bildern ein gemeinsames Bild erzeugt. Dazu wird für den Nahbereich ein Ausschnitt des von dem OCT-Sensor gelieferten Bilds und für den Fernbereich der komplementäre Teil des IVUS-Bilds verwendet, die beiden Abschnitte werden mittels der Daten der Positionssensoren miteinander registriert und zu einem gemeinsamen Bild fusioniert. Auf diese Weise erhält man Schnittbilder des untersuchten Gefäßes, die exakt einer bestimmten Position im Körper zugeordnet werden können. Durch rechnerische Verfahren werden die Daten des Positionssensors genutzt, um die Mittellinie und die Hüllkurve des untersuchten Gefäßes zu approximieren. Anschließend werden die einzelnen Schnittbilder zu einem Volumendatensatz kombiniert, sodass sich ein exaktes und daher besonders realistisches Abbild ergibt.

**[0057]** Bei der Approximation der Mittellinie des Gefäßes und der Hüllkurve des Gefäßes wird die geometrische Information der Mittellinie genutzt und mit den während der Bildaufnahme erfassten Sensorpositionen kombiniert, wodurch die Artefakte bei der 3D-Bilddarstellung deutlich reduziert werden. Die 3D-Koordinaten der Mittellinie und die während der Bildaufnahme erfassten Sensorpositionen werden voneinander subtrahiert. Das Ergebnis der Subtraktion wird dann für jedes der erfassten 2D-Bilder zur exakten 3D-Rekonstruktion verwendet. Diese Hüllkurve des Gefäßes kann bei weiteren Verarbeitungsschritten des Bildes verwendet werden. Mit Hilfe der Hüllkurve werden die 3D-rekonstruierten OCT-IVUS-Bilder mit anderen anatomischen Bilddaten, etwa von einem 3D-Angiographiegerät desselben Gefäßabschnitts registriert und anschließend fusioniert.

**[0058]** Die bei den Ausführungsbeispielen der [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) verwendeten Positionssensoren **10** sind elektromagnetische Positionssensoren, um aus den 2D-OCT-IVUS-Aufnahmen 3D-OCT-IVUS-Aufnahmen zu erstellen. Die Erfassung der Orientierung und Position des Katheters in einem dreidimensionalen Koordinatensystem erfolgt durch Sendespulen im Objekt und Empfängerspulen im Raum oder auch umgekehrt mit Empfängerspulen im Objekt und Sendespulen im Raum.

**[0059]** Im Katheter können die elektromagnetischen Sender oder alternativ die elektromagnetischen Empfänger sitzen. Umgekehrt können außerhalb des Körpers die entsprechenden elektromagnetischen Empfänger oder Sender angebracht werden. Normalerweise wird mindestens ein Sender mit einer Ausstrahlung in X, Y, Z-Richtung einem Empfänger oder umgekehrt ein Empfänger mit X, Y, Z-Empfangsrichtungen einem Sender zugeordnet, um eine Ortung im

Raum zu ermöglichen. Die Spulen der elektromagnetischen Positionssensoren werden nicht ausschließlich orthogonal zueinander angeordnet, sondern in einem beliebigen Winkel von zum Beispiel 60°, um eine bessere Miniaturisierung zu erreichen, die es ermöglicht, dass die Positionssensoren in einen Katheter eingebaut werden können.

**[0060]** Die Bildinformation des Katheters, die mit den Sensoren aufgenommen wird, wird mit anderen medizinischen Bildern, wie 2D- oder 3D-Aufnahmen, zusammengefügt bzw. überlagert. Die OCT-IVUS-Bilder des Katheters werden gemeinsam mit den Röntgenaufnahmen dargestellt. Dadurch werden die Informationen über die Bilder der Kathetervorrichtung und die Röntgenbilder gemeinsam für den Anwender sichtbar und ermöglichen eine schnellere und bessere Diagnose. Zusätzlich sind Überlagerungen 2D-2D, 2D-3D, 3D-3D und 3D-4D und 4D-4D möglich, wobei jeweils die angiographischen Röntgenbilder mit den Bildern der Kathetervorrichtung durch Segmentierung, Registrierung und Bildfusion kombiniert werden. Für die Überlagerung können Bilder der folgenden Modalitäten und Methoden eingesetzt werden: Sonographie einschließlich IVUS, Radiographie, Durchleuchtung (Fluoroskopie), Angiographie, OCT, diskrete Tomographie, Positronemissions-Tomographie, nuklearmedizinische Diagnostik, Computertomographie, Kernspintomographie einschließlich intrakardiales MR, optische Aufnahmen einschließlich Endoskopie, Fluoreszenz und optische Marker.

**[0061]** Die Kathetervorrichtung ist Teil einer medizinischen Behandlungsvorrichtung, die eine Funktionseinheit zur Beseitigung von Bewegungsartefakten besitzt, die durch die Atmung und die Bewegung des Herzens und der Blutgefäße entstehen. Zur Beseitigung der Bewegungsartefakte kann auch ein Brustband benutzt werden, das über entsprechende Sensoren die Atemamplitude und die Frequenz ermittelt, so dass die Bildverarbeitungseinheit entsprechende Korrekturberechnungen durchführen kann, um die Bewegungsartefakte aus den Bildinformationen herauszurechnen.

**[0062]** Zur Erhöhung der Ortungsgenauigkeit werden die Sendespulen zyklisch, in bestimmten Zeitabschnitten mit unterschiedlichen Frequenzen betrieben und ausgewertet. Zur Vermeidung von Sensorartefakten, die durch Überlagerungen von Signalen der einzelnen Sensoren hervorgerufen werden können, wird vorgeschlagen, die Sensoren zeitlich versetzt und getaktet auszulesen. Beispielsweise werden die Röntgendetektoren und das EKG nicht ausgelesen, wenn die Sender des elektromagnetischen Positionssystems aktiv sind. Die OCT-Sensoren und Positionssensoren werden nicht ausgelesen, wenn die Röntgenstrahlung aktiv ist. Es werde also immer nur solche Signale ausgelesen, die keine Störungen er-

fahren und keine anderen aktiven Sensoren beeinflussen.

**[0063]** Die Funktionseinheiten und Signalleitungen sind mit Vorrichtungen und Maßnahmen ausgestattet, die die physiologischen Signale und Bildsignale und die Signalverarbeitung und Signalaufbereitung gegen die magnetischen Filter der Sendeantennen abschirmen. Dazu wird die Hülle des Katheters mit einer Dünnschicht aus leitenden Nanopartikeln beschichtet. Ebenso können Nanopartikel verwendet werden, um eine magnetische Abschirmung zu bewirken.

**[0064]** Die Katheterhülle ist mit einer Beschichtung versehen, die den Reibungswiderstand bei der Führung durch die Gefäße verringert. Diese Beschichtung kann ebenfalls auf Nanotechnologie basieren oder alternativ aus einem Silikonmaterial hergestellt werden.

**[0065]** Um die Bildgebung durch den IVUS-Sensor durch den Einsatz von Ultraschall-Kontrastmittel zu verbessern, wird in das zu untersuchende Gefäß bzw. den Körperhohlraum durch einen Kanal im Katheter ein Kontrastmittel direkt eingeleitet.

**[0066]** In der Spitze des Katheters ist ein Temperatursensor oder ein Drucksensor angeordnet, um die Temperatur und den Druck in dem zu untersuchenden und zu behandelnden Gefäß oder Organ zu überwachen. Durch den Temperatursensor, der in der Spitze des Katheters angebracht ist, kann eine eventuelle Temperaturerhöhung erfasst werden, die durch Reibung entsteht.

**[0067]** [Fig. 4](#) ist eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Behandlungseinrichtung.

**[0068]** Die Behandlungseinrichtung **19** umfasst eine Kathetervorrichtung zur Durchführung von Atherektomie. Für die Behandlung wird ein in [Fig. 4](#) nicht dargestellter Patient auf einem Patiententisch **20** gelagert, über eine Strahlenquelle **21** wird Strahlung in Richtung des Patiententisches **20** ausgesandt. Die Strahlungserzeugung erfolgt über einen Hochspannungsgenerator **22**, der über eine Systemsteuerung **23** angesteuert wird. Gegenüber der Strahlenquelle **21** ist ein Röntgendetektor **24** angeordnet, der wiederum mit einer Vorverarbeitungseinheit **25** für Röntgenbilder verbunden ist. Daneben ist ein Anschluss **26** für physiologische Sensoren vorgesehen, der mit einer physiologischen Signalverarbeitung **27** gekoppelt ist, um EKG-Signale oder Pulssignale bzw. die Atmung und den Blutdruck eines Patienten zu kontrollieren.

**[0069]** Über einen Anschluss **28** für den Atherektomiekatheter erfolgt über eine Signalschnittstelle **29**, die eigentliche Behandlung unter Bildüberwachung

durch OCT, IVUS und das elektromagnetische Positionssensorsystem mit der abschließenden Expansion bzw. Entfaltung eines vormontierten Stents mittels eines Hochdruckballons. Darüber hinaus besteht eine Verbindung zu einem Datenbus **30**. Daneben sind Vorverarbeitungseinheiten **31**, **32** und **33** für OCT, IVUS und die Positionssensoren vorgesehen. Zugehörige Bildverarbeitungseinheiten **34**, **35** und **36** für OCT, IVUS und die Positionssensoren sind ebenfalls an den Datenbus **30** angeschlossen. Die Spannungsversorgung erfolgt über eine Spannungsversorgungseinheit **37**. Des Weiteren ist eine Bildverarbeitungseinheit **38** für die Röntgenbilder an den Datenbus **30** angeschlossen, der zudem eine Verbindung zu einem Bilddatenspeicher **39** zur Ablage und Speicherung der aufgenommenen Bilder aufweist. Eine Kalibrationseinheit **40** sowie eine Bildkorrekturereinheit **41** ermöglichen die Berücksichtigung von Störfeldern bzw. Artefakten der Bildgebung. Die Bildfusion und Rekonstruktion erfolgt in einer Bildfusions- und/oder Rekonstruktionseinheit **42**. Daneben besteht eine Schnittstelle **43** zu einem Patientendaten- und Bilddatensystem.

**[0070]** Die gewonnenen Bilddaten aus OCT, IVUS und dem Positionssensorsystem sowie die Röntgenbilder und mögliche Fusionsbilder der verschiedenen Bildaufnahmetechniken werden an einer Displayeinheit **44** zweidimensional, dreidimensional oder vierdimensional dargestellt. Die Displayeinheit **44** ist für Eingaben durch einen Benutzer mit einer Eingabeinheit **45** verbunden.

**[0071]** [Fig. 5](#) ist eine schematische Darstellung der Sensorauslesung der Behandlungseinrichtung bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0072]** Ein typischer Verfahrensablauf ist wie folgt: Einführen des Katheters unter Röntgenkontrolle, eventuell mit Kontrastmittel, Erstellen der angiographischen Übersichtsaufnahme, Erstellen der Aufnahmen der Positionssensoren, Überlagern der Aufnahmen der Positionssensoren mit der Übersichtsangiographie durch Segmentierung, Registrierung und Bildfusion, Navigieren des Katheters, basierend auf den gewonnenen Aufnahmen bis zur Zielposition, diese Schritte werden zum Teil parallel und automatisch ohne Interaktion des Benutzers durchgeführt.

**[0073]** Wenn die gewünschte Zielposition erreicht ist, wird die Spülflüssigkeit für OCT eingespritzt und die Stenose mit den OCT-IVUS-Bildaufnahmen zweidimensional oder dreidimensional in hoher Auflösung betrachtet. Anschließend werden die OCT-IVUS-Aufnahmen erstellt. In der Folge werden die OCT-IVUS-Aufnahmen mit der Übersichtsangiographie überlagert durch Segmentierung, Registrierung und Bildfusion. Anschließend erfolgt eine 3D-Rekonstruktion der OCT-IVUS-Aufnahmen, basierend auf

den Daten der Positionssensoren. Der Atherektomie-katheter wird platziert und vorläufig fixiert zum Beispiel durch Aufblasen des an der Katheterspitze angebrachten Ballons. Kontrolle mit OCT-IVUS in 2D und 3D, ob die Position und Lage des Atherektomie-katheters korrekt ist. Durchführen der Atherektomie, das heißt Abschaben der Plaque von der Gefäßwand mit den rotierenden Messern. Wenn eine bestimmte Menge Plaque abgetragen ist, wird mit dem OCT-Sensor die Stelle in der Gefäßwand kontrolliert. Der Vorgang wird wiederholt, bis an allen Stellen die Plaque abgetragen ist. Abschließende Kontrolle der Atherektomie, Platzierung und Entfaltung des Stents bis zur Befestigung in der Gefäßwand und Herausziehen des Katheters.

**[0074]** Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung werden die erforderlichen Verfahrensschritte reduziert. Der OCT-Sensor liefert gute Aufnahmen im Nahbereich, der IVUS-Sensor ausreichend gute Bilder von tiefer liegenden Gewebeschichten. Durch die elektromagnetischen Positionssensoren lassen sich 3D-Aufnahmen aus den OCT- und IVUS-Aufnahmen erstellen. Daneben wird nach der Durchführung einer Übersichtsangiographie durch entsprechende Ausnutzung der Signale der Positionssensoren der Verlauf des Katheters allein anhand der IVUS-, OCT- und elektromagnetischen Signale abgebildet, das heißt Röntgenstrahlung kann eingespart werden. Das System liefert wichtige zusätzliche medizinische Informationen über die arteriosklerotische Plaque. Zusätzlich kann damit die richtige Lage der Spitze des Katheters besser überprüft werden. Ein weiterer Vorteil bei der Integration von Atherektomie und OCT liegt auch darin, dass in diesem Fall für OCT keine gesonderte Spülvorrichtung vorhanden sein muss, da für den Bohrkopf bereits ein Spülmittel verwendet wird.

**[0075]** Die Sensoren der medizinischen Behandlungseinrichtung, die in dem dargestellten Ausführungsbeispiel eine Röntgeneinrichtung ist, werden teilweise zeitlich versetzt und getaktet ausgelesen. Zunächst wird ein Systemtakt vorgegeben, in dem einzelne Systempulse erzeugt werden, wobei sich an diese Pulserzeugung das Einschalten der Röntgenstrahlung und die Aktivierung der magnetischen Ortung anschließt. Nach dem Ausschalten der Röntgenstrahlung erfolgt das Auslesen des Röntgendetektors und zeitgleich das Auslesen der IVUS-Daten. Im Anschluss daran werden die OCT-Daten ausgelesen, wobei dies zeitgleich mit dem Auslesen des EKGs und der Daten zur Respiration erfolgt. Damit werden die einzelnen Sensoren so ausgelesen bzw. die Komponenten der Kathetervorrichtung so angesteuert, dass eine gegenseitige Störung ausgeschlossen werden kann. Das hier dargestellte zeitlich versetzte und getaktete Auslesen ist dabei beispielhaft für ein Auslesen unter Vermeidung von Störeinflüssen zu sehen.

**Patentansprüche**

1. Kathetervorrichtung (1) zur Durchführung von Atherektomie, umfassend einen Atherektomiekatheter und einen am Atherektomiekatheter vormontierten Stent (47, 48).

2. Kathetervorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathetervorrichtung zudem einen OCT-Sensor (7) und/oder einen IVUS-Sensor (6) und/oder Positionssensoren (10) sowie eine Bildverarbeitungseinheit (34, 35, 36, 38), die gegebenenfalls zur Erzeugung kombinierter, auf den Daten der Sensoren (10) basierender, 2D- und/oder 3D-Bildaufnahmen ausgebildet ist, umfasst.

3. Kathetervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Stent (47, 48) im Bereich der Spitze des Katheters vormontiert ist.

4. Kathetervorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Spitze des Katheters ein ausdehnbarer Ballon (46, 49) vorgesehen ist, wobei der vormontierte Stent (47, 48) in Abhängigkeit von der Ausdehnung des Ballons (46, 49) platzierbar und/oder befestigbar ist.

5. Kathetervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stent (47, 48) wenigstens teilweise selbstentfaltend ausgebildet ist.

6. Kathetervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stent (47, 48) wenigstens teilweise aus Metall ausgebildet ist, insbesondere aus Edelstahl oder Nitinol oder einer anderen Formgedächtnislegierung.

7. Kathetervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stent (47, 48) wenigstens teilweise aus bioresorbierbarem Material ausgebildet ist, insbesondere aus biologischem Material und/oder Magnesium und/oder Bio-Engineering-Material und/oder Kunststoff.

8. Kathetervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stent (47, 48) beschichtet ausgebildet ist, insbesondere mit einer Nanobeschichtung und/oder einer Wirkstoffbeschichtung.

9. Kathetervorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Wirkstoffbeschichtung Sirolimus und/oder Paclitaxel und/oder Everolimus und/oder Rapamycin und/oder FK 506 und/oder einen anderen Wachstumshemmer beinhaltet.

10. Kathetervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

der Katheter mit einer automatischen Vorschub- und/oder Ziehvorrichtung ausgebildet ist.

11. Kathetervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Positionssensoren (10) an der Spitze des Katheters angeordnet sind.

12. Kathetervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine mechanische Steuerung aufweist, die vorzugsweise Zugdrähte aufweist, um die Katheterspitze auszulenken.

13. Kathetervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Katheter durch ein externes Magnetfeld steuerbar ist, wobei der Katheter wenigstens einen Permanentmagneten und/oder wenigstens einen Elektromagneten aufweist.

14. Kathetervorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Positionssensoren (10) als elektromagnetische Sensoren ausgebildet sind, wobei entweder Sendespulen im Katheter und externe Empfängerspulen oder externe Sendespulen und Empfängerspulen im Katheter vorgesehen sind.

15. Kathetervorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass Empfängerspulen Eisenkerne aufweisen und wahlweise als Empfangsantenne oder als Elektromagnet zur magnetischen Navigation einsetzbar sind.

16. Kathetervorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulen in dem Katheter orthogonal oder unter einem beliebigen Winkel, insbesondere etwa 60 Grad, angeordnet sind.

17. Kathetervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der OCT-Sensor (7) und/oder der IVUS-Sensor (6), bezogen auf die Längsachse des Katheters, zur Seite ausgerichtet ist bzw. sind.

18. Kathetervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der OCT-Sensor (7) und der IVUS-Sensor (6) separat oder gemeinsam um die Längsachse des Katheters drehbar sind und/oder der Katheter durch eine Antriebseinheit mit festlegbarer Geschwindigkeit vorschubbbar oder rückziehbar ist.

19. Kathetervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Bildverarbeitungseinheit (34, 35, 36, 38) zur Approximation der Mittellinie und/oder der Hüllkurve eines zu untersuchenden Körperteils, insbesondere eines Gefäßes, ausgebildet ist.

20. Kathetervorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass 3D-Bildaufnahmen des Katheters durch die Bildverarbeitungseinheit (**34, 35, 36, 38**) anhand der approximierten Hüllkurve mit anderen anatomischen Bilddaten, insbesondere, 3D-Angiographiedaten, Computertomographiedaten, oder Kernspintomographiedaten, registriert und fusioniert werden.

21. Kathetervorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die 3D-Bildaufnahmen des Katheters und die anatomischen Bilddaten in ein gemeinsames Koordinatensystem überführbar sind.

22. Kathetervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Bewegungsartefakte, die beispielsweise durch die Atmung oder die Bewegung des Herzens oder anderer Organe entstehen, durch Erfassen der Frequenz und/oder Amplitude der Bewegung ermittelbar und im Rahmen einer rechnerischen Korrektur berücksichtigbar sind.

23. Kathetervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren (**10**) zur Vermeidung gegenseitiger Störungen zeitlich versetzt getaktet auslesbar sind.

24. Kathetervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Katheter eine Beschichtung, insbesondere eine Dünnschicht aus leitenden Nanopartikeln, zur Abschirmung gegenüber elektromagnetischen Feldern aufweist.

25. Kathetervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Katheter und seine Sensoren galvanisch von einer Netzspannung entkoppelt sind.

26. Kathetervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Katheter Röntgenmarker aufweist.

27. Kathetervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Katheter zur Verringerung des Reibungswiderstands mit einer Beschichtung versehen ist, die vorzugsweise aus einem Silikonmaterial und/oder Nanomaterialien besteht.

28. Kathetervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Katheter, insbesondere an der Spitze, wenigstens einen aufblasbaren Ballon zur Unterstützung der Positionierung aufweist.

29. Kathetervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Katheter einen vorzugsweise an der Spitze des

Katheters angeordneten Temperatursensor und/oder einen Drucksensor aufweist.

30. Medizinische Behandlungseinrichtung, insbesondere Röntgeneinrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Kathetervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 29 aufweist.

31. Verfahren zur Erzeugung von Untersuchungsbildern bei der Durchführung von Atherektomie, dadurch gekennzeichnet, dass ein Atherektomiekatheter benutzt wird, der einen vormontierten Stent sowie gegebenenfalls einen OCT-Sensor, einen IVUS-Sensor und/oder Positionssensoren besitzt, wobei gegebenenfalls durch eine Bildverarbeitungseinheit kombinierte, auf den Daten der Sensoren basierende, 2D- und/oder 3D-Bildaufnahmen erzeugt werden.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

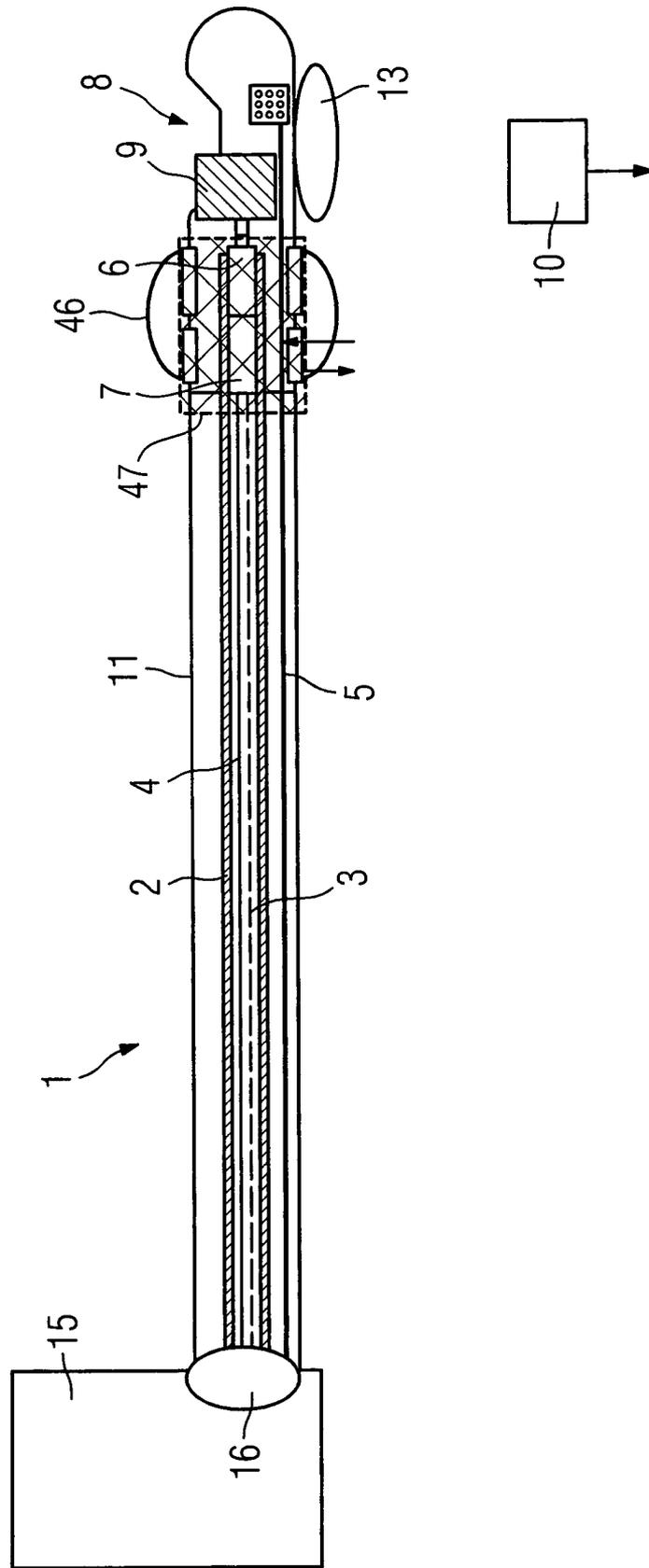


FIG 2

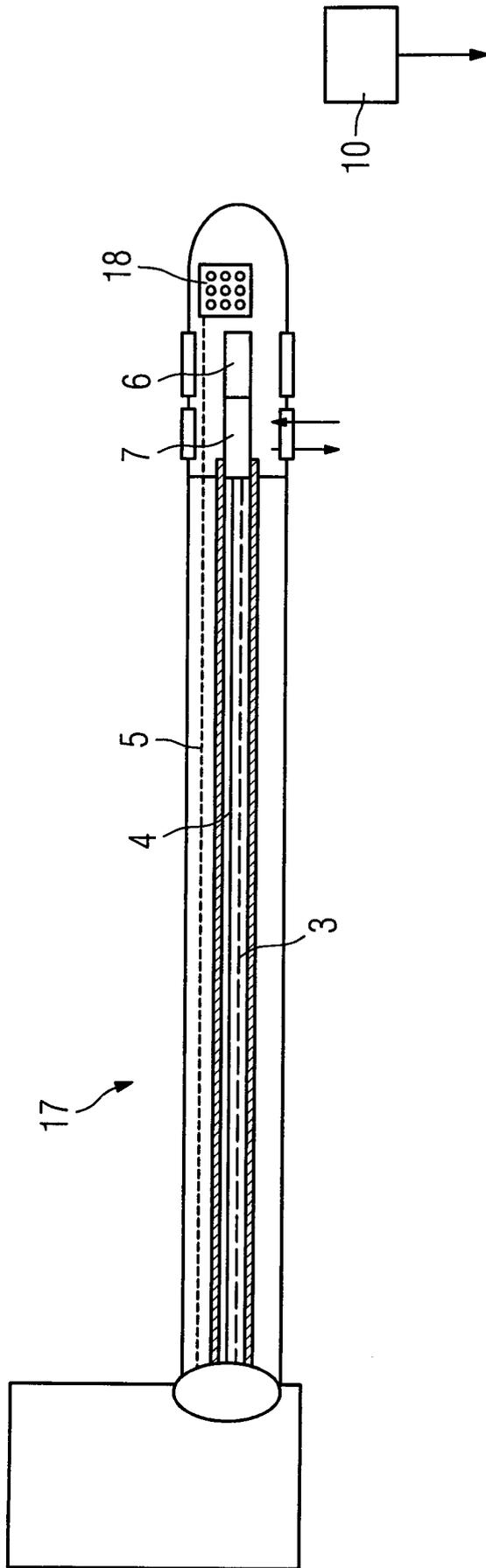
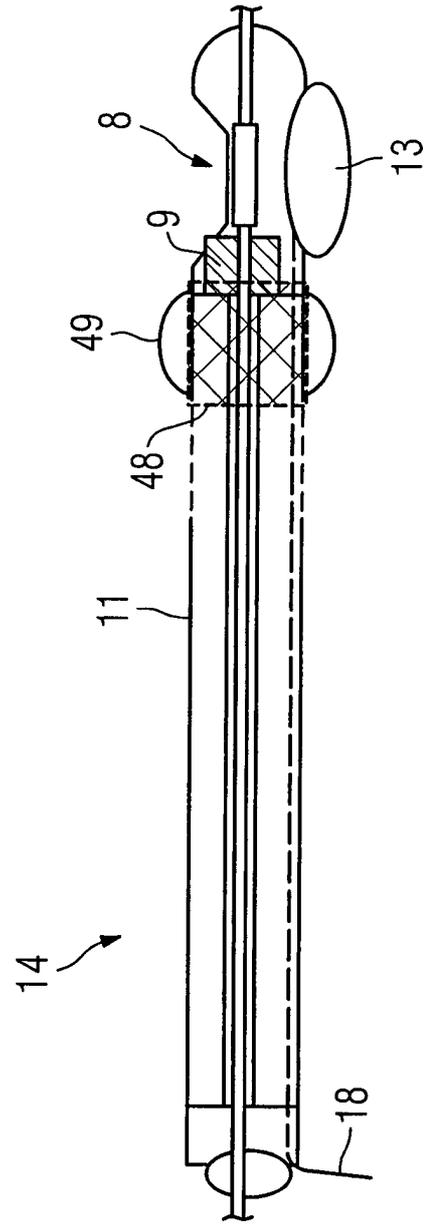


FIG 3



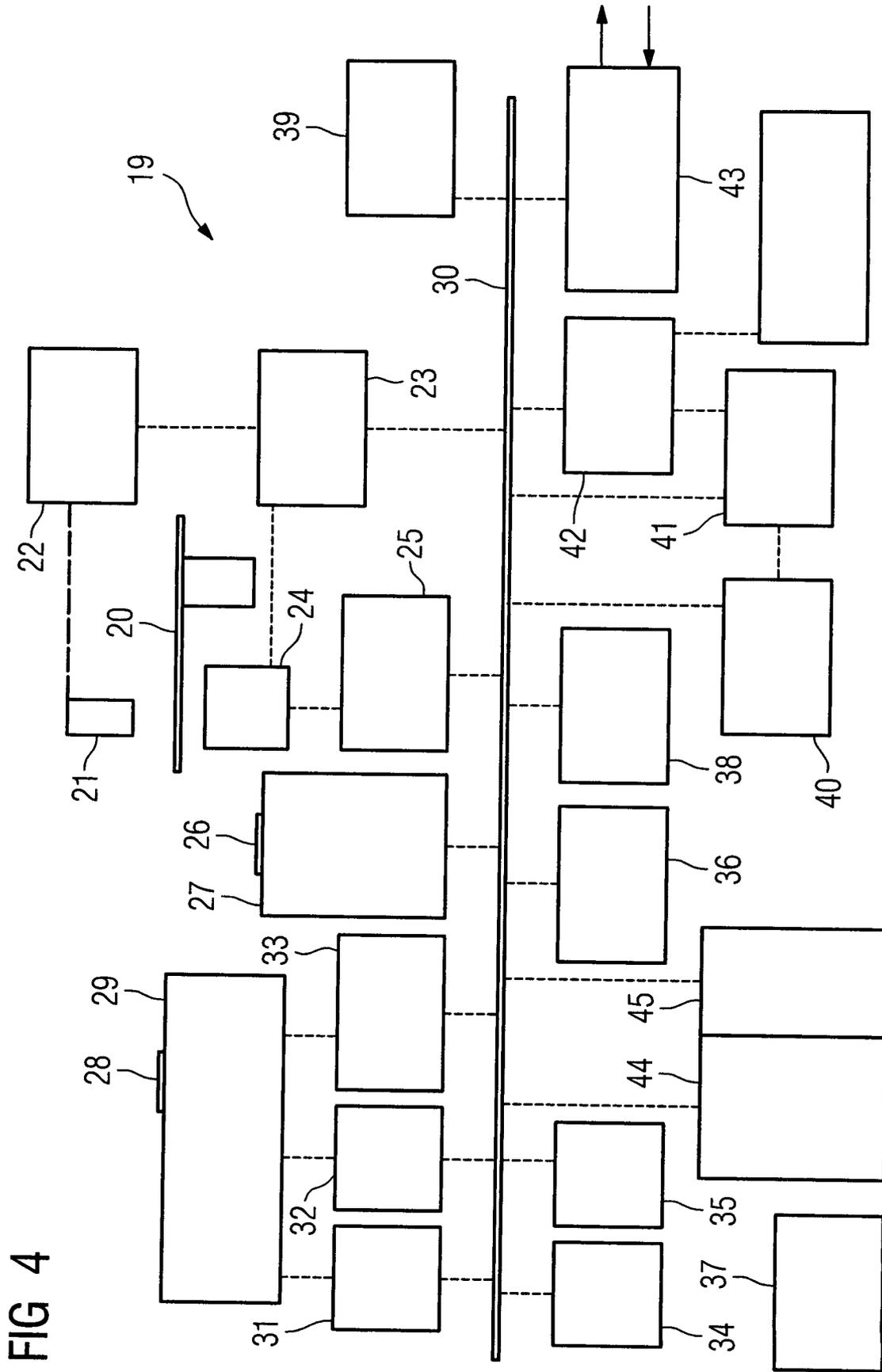


FIG 5

