



(10) **DE 10 2013 014 078 A1** 2015.03.05

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 014 078.1**  
(22) Anmeldetag: **27.08.2013**  
(43) Offenlegungstag: **05.03.2015**

(51) Int Cl.: **A61B 19/00** (2006.01)  
**F21V 21/14** (2006.01)  
**G01B 21/00** (2006.01)  
**G05D 3/00** (2006.01)  
**H05B 37/02** (2006.01)  
**F21V 21/26** (2006.01)  
**F21W 131/205** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**Boettcher, Michael, Dr. med., 69115 Heidelberg,  
DE**

(74) Vertreter:  
**Sorger & Partner, Steuerberater Rechtsanwälte,  
61231 Bad Nauheim, DE**

(72) Erfinder:  
**gleich Anmelder**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>198 39 827</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2009 007 986</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2009 037 316</b>	<b>A1</b>
<b>FR</b>	<b>2 951 524</b>	<b>A1</b>
<b>GB</b>	<b>2 255 837</b>	<b>A</b>
<b>EP</b>	<b>1 728 482</b>	<b>A1</b>

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Automatisierte OP-Leuchtenjustierung mittels 3D-Motion-Tracking**

(57) Zusammenfassung: Kurzfassung  
Technisches Problem

Mit der Ausrichtung von OP-Lampen soll das Operationsgebiet möglichst homogen werden. Bisher wurden die Lampen manuell auf das Operationsgebiet zentriert, aufgrund Änderungen dieser Gebiete im OP-Verlauf, ergeben sich zwischenzeitlich jedoch nur suboptimale Ausleuchtungen.

Lösung des Problems

Das Operationsgebiet soll mittels 3D-Lokalisierung und automatischer Ausrichtung der OP-Leuchten automatisch optimal und ausgeleuchtet werden.

Setup: Lampen an Roboter-Armen/Lampenfeld, Feld- u. Tiefenausleuchtung, s. u. Ausrichtung wird mittels 3D-Lokalisierung (3D- und Farbkamera) errechnet.

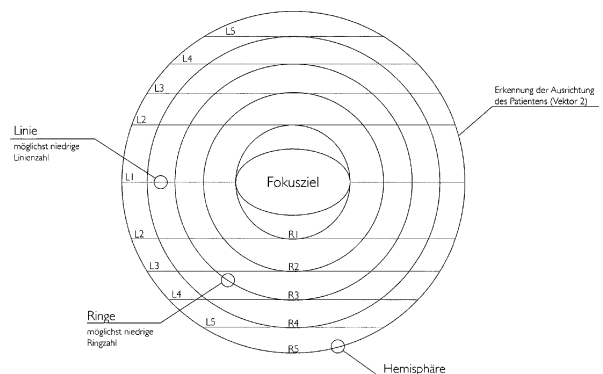
Funktion:

1. Der Operationstisch (F1), dessen Ausrichtung (V1) sowie die des Patienten (V2) wird erkannt. Diese werden als Parallellinie (L) bezeichnet. Die niedrigste (L) ist die Mitte des Tisches.

2. Nun Suche des nicht-abgedeckten Bereiches (F2) innerhalb F1 (Surface-Detection). Ausrichten der Lichtkegel auf F2. Es wird eine möglichst niedrige Parallellinie (L) und möglichst niedriger Ring (R) gewählt. Bei Störobjekten wird eine Hemisphäre (H1) um die Zielfläche gebildet und die Lampen entlang der H1-Linien und unter Berücksichtigung der Position der anderen Lampe in den nächsten sinnvollen Kreissektor bewegt.

Vorteile: Reduktion störender Unterbrechungen der OP und Gewährleistung einer durchgehenden Optimalausleuchtung.

Anwendungsgebiet  
OP-Leuchtenjustierung



**Beschreibung**

## Lösung der Aufgabe

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung entsprechend dem Oberbegriff der Ansprüche 1 & 2 & 3 & 4.

Setup:

## Anwendungsgebiet

**[0002]** Mit der Ausrichtung von OP-Lampen soll das Operationsgebiet möglichst homogen und optimal tiefenausgeleuchtet werden. Bisher wurden die Kegel von zwei oder mehr Leuchten manuell auf das Operationsgebiet zentriert und die Tiefeneinstellung über die Krümmung eines Reflektors vorgenommen.

**[0006]** Leuchtenvariante 1: 2–3 Xeon-/Halogen-/LED-Lampen an Roboter-Armen (z. B. zweigelenkig), Feldausleuchtung wie nachfolgend beschrieben, Tiefenausleuchtung per Spiegel (ausgenommen LED, die eine vordefinierte Fokusweite haben). Die kontinuierliche Ausrichtung der OP-Leuchten und der Tiefe werden mittels 3D-Lokalisierung errechnet.

## Aktueller Stand der Technik

**[0003]** Es gibt mehrere Ansätze die Handhabung der OP-Leuchten zu vereinfachen und zu automatisieren. Einige Ansätze setzen auf eine manuelle Feld- und Tiefen-Einstellung der Hauptleuchte, der eine automatische Ausrichtung der weiteren Leuchten folgt (DP 198 39 827.1). Ein weiterer Ansatz ist die Umgehung der beschriebenen Probleme durch die Verwendung von anderen Leuchttechniken wie LED-Leuchten mit einem definiertem, meist passenden Fokus. Die Schattenbildung kann z. B. durch die Mischung der Farben in einer LED-Einheit und nicht erst im Ausleuchtungsgebiet reduziert werden.

**[0007]** Variante 2: Motorisierte Arme zur Ausrichtung des LED-Lampenfelds, die LED-Lampen werden kontinuierlich selektiv ausgeschaltet bzw. gedimmt mittels 3D-Lokalisierung.

## Funktionsweise:

## Nachteile des Standes der Technik

**[0004]** Durch die bisher mögliche Automatisierung des Verfahrens können die zeitraubenden und störenden Einstellungsversuche reduziert, aber nicht vollständig vermieden werden. Weiterhin erfolgt die Justierung meist durch den Assistenten, der nicht immer und unmittelbar die optimale Einstellung für den Operateur antizipieren kann. Da sich der auszuleuchtende Bereich im Verlaufe einer OP ändert, besteht zwischen den Nachjustierungen der Leuchten eine suboptimale Ausleuchtung, die den OP-Verlauf unnötig erschwert. Die wechselnde Position der Operateure am OP-Tisch führt unweigerlich zu Verdeckungen des Operationssitus, wenn die OP-Leuchten nicht kontinuierlich nachgestellt werden. Zudem birgt jeder Griff an die OP-Leuchte die Gefahr einer Kontamination des Operationsgebiets.

**[0008]** Die 3D-Lokalisierung erfolgt über eine 3D-Kamera (z. B. Time-of-flight Kamera) und eine Farbkamera. Die Kameras sind jeweils in der Lampe (z. B. in der Halterung) integriert. Masterlampe enthält die 3D-Kamera, die Slave die Farbkamera oder vice versa.

**[0009]** Die Op-Leuchten beginnen stets im der Nullposition. Die Position entspricht der wahrscheinlichsten Optimalposition z. B. für eine Abdominaloperation in einem allgemein chirurgischen Saal. Die OP-Lampen sind ca. 210 cm vom Boden entfernt, damit Kollisionen vermieden und die sterilen Lampengriffe problemlos angebracht werden können. Werden die Lampen ausgeschaltet, gehen sie stets in diese Position zurück.

**[0010]** Alle 20 Sekunden überprüfen die Kameras, ob der OP-Tisch auf die Säule geschoben wird bzw. ob sich der OP-Tisch im Überwachungsraum befindet. Alternativ kann auch ein Kontakt des OP-Tisches mit der Säule, ein Sprachbefehl oder eine Taste die Detektion initiieren.

**[0011]** Die Detektion und die Ausrichtung erfolgt nach folgendem Prinzip:

## Aufgabe der Erfindung

**[0005]** Mit der Erfindung soll das Operationsgebiet mittels 3D-Lokalisierung und automatischer Ausrichtung der OP-Leuchten mittels Roboter-Arme oder selektiver Anschaltung eines LED-Lampenfelds optimal und automatisch ausgeleuchtet werden.

1. Der Operationstisch (Fläche 1, Detektion eines Rechteckes einer bestimmten Größe) und dessen Ausrichtung (Vektor 1, Detektion Kopfteil und Armstützen) sowie der Ausrichtung des Patienten (Vektor 2, Detektion von Gesicht/Kopf/Beine/Arme) wird erkannt. Die Tisch bzw. Personenausrichtung wird als Parallellinie (L) bezeichnet. Die niedrigste Parallellinie (L) ist die Mitte des Tisches (**Abb. 1**).

2. Weiterhin Begrenzung der Ausleuchtungstiefe durch (automatische Tiefenbegrenzung) durch Erkennen der Tischhöhe (tiefste Höhe) und der Patientenhöhe (höchste Höhe). Dieser Ausleuchtungstiefenbereich wird nur ignoriert, wenn eine manuelle Ausrichtung erfolgt z. B. nach Griff an

die OP-Leuchte. Diese manuell eingestellte Höhe wird dann als Optimalhöhe interpretiert.

3. Nun Suche des nicht-abgedeckten Bereiches (Fläche 2) innerhalb eines abgedeckten Bereiches bzw. an mindestens drei Seiten abgedeckten Bereiches (Surface-Detection). Die Entfernung der Lampen von der Zielfläche richtet sich nach Konfiguration der verwendeten Lampen (z. B. bei LED-Leuchten abhängig vom Abstrahlwinkel). Die weitere Ausrichtung im Raum geht von der zuvor beschriebenen Neutralposition aus. Die Robotorarme richten nun die Lichtkegel möglichst homogen auf den nicht-abgedeckten Bereich (Fläche 2). Es wird eine möglichst niedrige Parallellinie (L, Linien sind Parallel zur Tischausrichtung) und möglichst niedriger Ring (R) gewählt (siehe **Abb. 1**). Dabei werden Störobjekte und ggf. die Hand- oder Körperausrichtungsvektoren der Operateure berücksichtigt. Bei Störobjekten, wie einem Kopf, wird eine Hemisphäre (Hemisphäre 1) um die Zielfläche gebildet und die Lampen bewegen sich entlang der Hemisphären-Linien und unter Berücksichtigung der Position der anderen Lampe in den nächsten sinnvollen Kreissektor (**Abb. 1**).

4. Nun Suche nach einer Inzision innerhalb der Fläche 2. Die Inzision bzw. der Bereich innerhalb der Inzision ist Fläche 3, die nun ausgeleuchtet wird. Dabei ergibt sich die Entfernung der Lampen durch die Konfiguration der verwendeten Lampen (z. B. bei LED-Leuchten abhängig vom Abstrahlwinkel) und der Inzisionsgröße. Um die Fläche 3 wird wieder eine Hemisphäre gebildet (Hemisphäre 2). Die Lampenposition wird so gewählt, dass die Lampen von oben die Fläche ausleuchten. Dabei wird eine möglichst niedrige Parallellinie (L, Linien sind Parallel zur Tischausrichtung) und möglichst niedriger Ring (R) gewählt (siehe **Abb. 1**). Dabei wird beachtet, dass die beiden Leuchten/Kameras nicht zu nah zu einander stehen. Wird ein Störobjekt wahrgenommen, entspricht das Vorgehen wie in Punkt 2 beschrieben.

5. Der Fokusbereich kann sich auch aus den Schnittpunkten der Hand- bzw. Instrumentenvektors ergeben. Mittels 3D-Lokalisierung über eine 3D-Kamera werden die Vektoren der Hände bzw. Instrumente des Operateurs und der Assistenten erkannt. Die Schnittpunkte der Vektoren ist die Fläche 4.

6. Wird nun an die Halterung der OP-Leuchte gegriffen, wird die entsprechende Leuchte Master und die andere Slave. Die automatische Einstellung an diesem Arm wird unterbrochen und die Position, die der Bediener einstellt, wird gelockt. Unter Berücksichtigung der gewählten Ausrichtung, der Position im Raum und dem Abstand zur Oberfläche wird die neue Zielfläche ermittelt (Fläche M). Die Slave-Leuchte richtet sich möglichst parallel unter Vermeidung von Störobjekten aus. Der gelockte Arm kann durch einen erneuten Griff

und z. B. eine Drehbewegung des Lampengriffs wieder freigegeben werden. Wird an die Halterung der Slave-Lampe gegriffen bevor die Master wieder freigegeben wurde, wird Slave zum Master 2. Nun halten beide Leuchten die vorgegebene Position (also Fokusfläche M und M2). Die Master-Lampen beginnen nach 10 Minuten mit sehr geringen Nachstellbewegungen, sollten Störobjekte in den auszuleuchtenden Bereich ragen. Dabei wird nur sehr langsam und nur einem geringen Radius nachgestellt. Die Spitze des Lichtskegels wird dabei gehalten.

#### Sondermodi:

- Laparoskopie/Endoskopie: Leuchte 1 geht wie oben beschrieben vor. Das Fokusziel der Leuchte 2 ist der Instrumententisch (homogener vier-eckiger, meist grün abgedeckter Bereich neben dem Tisch). Auf einen Befehl z. B. Sprachbefehl (Computer Laparoskopie/Endoskopie) oder Ausschalten des Saallichtes, wird die Leuchte 1 ausgeschaltet und die Leuchte 2 auf z. B. 20% gedimmt.

**[0012]** Zwischen den einzelnen Modi kann per Sprachbefehl (z. B. Computer Licht = Automodus, Computer Fokus = Leuchten halten Position, Computer aus = Detektion und automatisierte Einstellung aus, Leuchten gehen zurück in die Nullposition), Fußschalter, Wandschalter bzw. Touchscreen umgeschaltet werden.

#### Vorteile der Erfindung

**[0013]** Die kontinuierliche, automatisierte Einstellung der OP-Leuchten reduziert nicht nur störende Unterbrechungen der OP durch Nachjustierung des Lichtes, sondern gewährleistet auch eine durchgehende Optimalausleuchtung. Weiterhin ist davon auszugehen, dass die errechneten Lampenpositionen optimaler sind, als die durch den Operateur oder Assistenten gewählten. Da keine manuellen Nachjustierungen notwendig sind, können Kontaminationen des Operationssitus reduziert werden. Die durchgehende Optimalausleuchtung ermöglicht eine effizientere Operationsführung. Ermüdung durch starke Anstrengung der Augen bei unzureichender Ausleuchtung sowie Unterbrechungen des Operationsflusses durch Nachjustierungen können entscheidend reduziert werden. Durch die Erfindung kann die Effizienz und die Qualität von Operationen erhöht werden.

**[0014]** Zeichnung 1: Die beiden Leuchten beginnen von der Nullposition. Um das Fokusziel wird jeweils eine Hemisphäre gebildet und die Tischausrichtung (L) ermittelt. Die Leuchten nehmen eine möglichst niedrige Parallellinie (L, Linien sind Parallel zur Tischausrichtung) und möglichst niedrigen Hemisphärenring (R) ein. Es wird dabei vermieden, dass die

Leuchten zu nah zu einander stehen. Sollten Stör-objekte in den Strahlengang ragen, bewegt sich die Leuchte auf den Hemisphärenlinie (z. B. R3) unter Berücksichtigung der Position der zweiten Lampen aus dem abgedeckten Bereich in den nächsten sinnvollen Kreissektor.

### Patentansprüche

1. Anspruch 1: Automatische Erkennung des Fokusbereiches:

Anspruch 1.1: Die automatische Erkennung des Fokusbereiches ist **dadurch gekennzeichnet**, dass die automatische Flächenbegrenzung durch Erkennung des Tisches des Operationstisches (Fläche 1) und dessen Ausrichtung (Vektor 1) bzw. des Patienten (Vektor 2), des nicht-abgedeckten Bereiches innerhalb der Fläche 1 (definierte Fläche 2), des Bereiches innerhalb der Inzision (definierte Fläche 3), des Schnittpunktes der Hand- bzw. Instrumentenvektors (definierte Fläche 4) erfolgt.

Anspruch 1.2: Weiterhin ist der Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, dass eine automatische Tiefenbegrenzung durch Erkennen der Tischhöhe (tiefste Höhe), der Patientenhöhe (höchste Höhe), exakte Fokushöhe nach sprachlichen Befehl bzw. nach manueller Ausrichtung (Optimalhöhe) erfolgt. Erfolgt keine Nachjustierung wird die Tiefenfläche zwischen höchster und tiefster Höhe ausgeleuchtet (Näherungshöhe).

2. Anspruch 2: Ausrichtung der OP-Lampe bzw. des OP-Lampenfeldes:

Anspruch 2.1: Die Ausrichtung der OP-Lampe bzw. des OP-Lampenfeldes ist **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausrichtung der Leuchten aus der Nullposition heraus erfolgt und die Entfernung der Lampen durch die Konfiguration der verwendeten Lampen und die Fokusfläche bedingt ist.

Anspruch 2.2: Weiterhin ist Anspruch 2 **dadurch gekennzeichnet**, dass sobald die Fläche 2 ermittelt wurde, die beiden Leuchten eine möglichst niedrige Parallellinie (L, Linien sind Parallel zur Tischausrichtung) und möglichst niedriger Ringrang (R, Ringe um den Fokusbereich) einnehmen.

Anspruch 2.3: Zudem ist Anspruch 2 **dadurch gekennzeichnet**, dass um die Fläche 2/3/4 ein Hemisphäre gebildet wird (Hemisphäre 1/2/3) und wenn Störobjekte in die Fokusbereiche ragen, dass sich die Leuchte auf den Ringen (Hemisphärenlinien) und unter Berücksichtigung der Position der anderen Leuchte in den nächsten sinnvollen Kreissektor bewegen.

3. Anspruch 3: Semiautomatische/manuelle Ausrichtung der OP-Lampe bzw. des OP-Lampenfeldes:

Anspruch 3.1: Die Semiautomatische bzw. manuelle Ausrichtung der OP-Lampe bzw. des OP-Lampenfeldes ist **dadurch gekennzeichnet**, dass nach einem Griff an die OP-Leuchtenhalterung die entsprechen-

de Leuchte als Master definiert wird und die verbleibende als Slave und dass die vom Bediener eingestellte Position gelockt wird und sich die Slave-Leuchte auf sich diese Zielfläche (Fläche M) aufrichtet.

Anspruch 3.2: Zudem ist Anspruch 3 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Masterleuchte die Position für 10 Minuten hält und nach 10 Minuten mit sehr geringen Nachstellbewegungen beginnt, um Störobjekte im Fokusbereich M zu vermeiden und dass die Slaveleuchte sich wie zuvor in Anspruch 2.3 beschrieben zur Vermeidung von Störobjekten ausrichtet.

Anspruch 3.3: Außerdem ist Anspruch 3 **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Griff an die Slaveleuchte diese zum Master 2 wird und der eingestellte Fokusbereich zur Fläche M2 und dass die Masterleuchten die Position für 10 Minuten halten und nach 10 Minuten mit sehr geringen Nachstellbewegungen beginnen, um Störobjekte im Fokusbereich M und M2 zu vermeiden

4. Anspruch 4: Bedienung und Sondermodi

Anspruch 4.1: Die Bedienung der ist **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen den einzelnen Modi per Sprachbefehl (siehe Text oben), per Fußschalter, Wandschalter oder Software umgeschaltet werden.

Anspruch 4.2: Die Sondermodi sind **dadurch gekennzeichnet**, dass per Sprach-, Tasten- oder Softwarebefehl zwischen ihnen umgeschaltet werden kann. Der Laparoskopie-Modus ist z. B. **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Leuchte den Instrumententisch (homogener viereckiger, meist grün abgedeckter Bereich neben dem Tisch) als Fokusbereich definiert und dass auf einen Befehl oder Ausschalten des Saallichtes hin, diese Leuchte auf z. B. 20% gedimmt und die andere ausgeschaltet wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

