(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2024 118 262 A1** 2025.12.31

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2024 118 262.8**
(22) Anmeldetag: **27.06.2024**
(43) Offenlegungstag: **31.12.2025**

(51) Int Cl.: ***G03B 21/00*** (2006.01)
G03B 21/14 (2006.01)
G03B 21/56 (2006.01)
G03B 35/20 (2021.01)
G10L 15/22 (2006.01)
G06F 3/01 (2006.01)
A61B 90/35 (2016.01)
G06V 40/20 (2022.01)
G06T 3/08 (2024.01)

(71) Anmelder:
Dr. Mach GmbH & Co. KG, 85567 Grafing, DE

(74) Vertreter:
Weickmann & Weickmann Patent- und Rechtsanwälte PartmbB, 81679 München, DE

(72) Erfinder:
Fox, Adrian, 85567 Grafing, DE; Polster, Amelie, 85567 Grafing, DE; Zachmann, Gabriel, 28359 Bremen, DE; Mühlenbrock, Andre Richard, 28209 Bremen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

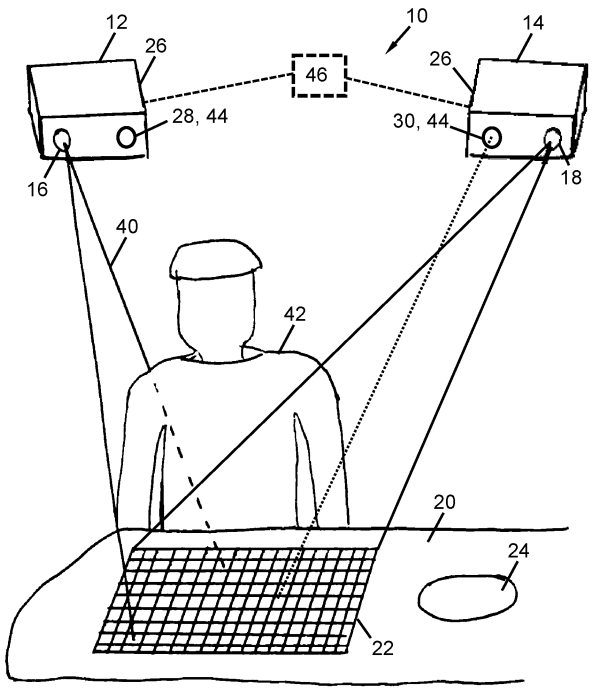
DE	**100 08 806**	**A1**
DE	**10 2005 034 990**	**A1**
DE	**10 2007 041 719**	**A1**
DE	**10 2012 206 826**	**A1**

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Projektionsvorrichtung zur verschattungsfreien Projektion von Bilddaten**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Projektionsvorrichtung (10), um Bilddaten auf eine unebene Oberfläche (20) zu projizieren, umfassend: eine Tiefeninformationserfassungseinrichtung (26), welche wenigstens eine Erfassungseinheit (28, 30) umfasst, um Tiefeninformationen zu erfassen, eine Mehrzahl an Projektionseinheiten (12, 14), eine Verschattungsdetektionseinheit (44), um ein Objekt (42) im Lichtstrahl (40) zu detektieren, und eine Steuereinheit (46), welche dazu eingerichtet ist, auf Grundlage der Positionsdaten, der Richtungsdaten und der Verschattungsinformationen zu bestimmen, welche der Projektionseinheiten (12, 14) dazu geeignet ist, einen vorbestimmten Teil der zu projizierenden Bilddaten (22) verschattungsfrei auf die Oberfläche (20) zu projizieren, die ursprünglichen Bilddaten (34) mit den Tiefeninformationen der Oberfläche (20), den Positionsdaten und den Richtungsdaten einer jeweiligen Projektionseinheit (12, 14) zu veränderten Bilddaten (36) zu verrechnen, und an eine Projektionseinheit (12, 14) den vorbestimmten Teil der veränderten Bilddaten (36) ausgegeben, um durch diese auf die Oberfläche (20) projiziert zu werden, sodass eine Reflexion (38) der auf die unebene Oberfläche (20) projizierten veränderten Bilddaten (36) im Wesentlichen den ursprünglichen Bilddaten (34) entspricht.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Projektionsvorrichtung, welche dazu geeignet ist, Bilddaten auf eine unebene Oberfläche, insbesondere ein Operationstuch, zu projizieren.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Projektionsvorrichtungen bekannt, welche dazu geeignet sind, Bilddaten auf eine unebene Oberfläche zu projizieren. Solche Projektionsvorrichtungen werden beispielsweise zur Projektion auf unebene Wände oder tuchartige Projektionsleinwände verwendet. Hierfür kann die Oberfläche der Projektionsfläche vor Projektionsbeginn ermittelt werden und entsprechende Bilddaten an eine raumfeste Projektionseinheit derart in einer veränderten Weise ausgegeben werden, dass die Unebenheit der Projektionsfläche in den zu projizierenden Bilddaten berücksichtigt wird, sodass für einen Betrachter des projizierten Bildes die Unebenheit der Projektionsfläche quasi nicht mehr erkennbar ist.

[0003] Nachteilig ist bei derartigen Projektionsvorrichtungen jedoch zum einen, dass sie oftmals lediglich dazu eingerichtet sind, auf unveränderliche unebene Oberflächen zu projizieren, das heißt eine Veränderung der Unebenheit der Projektionsfläche kann während des Projektionsvorgangs nicht berücksichtigt werden, und dass sie zum anderen nicht dazu eingerichtet sind, ein vollständiges Projektionsbild selbst in dem Fall anzuzeigen, in welchem ein Objekt den Strahlengang zwischen Projektionseinheit und Projektionsfläche verschattet.

[0004] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Projektionsvorrichtung mit verbesserten Projektionseigenschaften bereitzustellen. Insbesondere kann als Aufgabe der vorliegenden Erfindung angesehen werden, dass die Projektionsvorrichtung dazu eingerichtet ist, zu projizierende Bilddaten auf eine sich verändernde Unebenheit der Projektionsfläche während des Projektionsbetriebs anzupassen und/oder die Projektion eines vollständigen Projektionsbildes selbst in dem Fall zu gewährleisten, in welchem ein Objekt in den Strahlengang einer Projektionseinheit eintritt.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Projektionsvorrichtung gelöst, welche dazu geeignet ist, Bilddaten auf eine unebene Oberfläche, insbesondere ein Operationstuch, zu projizieren, wobei die Vorrichtung umfasst:

- eine Tiefeninformationserfassungseinrichtung, welche wenigstens eine Erfassungseinheit umfasst und welche dazu eingerichtet ist, wenigstens räumliche Tiefeninformationen der unebenen Oberfläche zu erfassen, auf welche die Bilddaten zu projizieren sind,

- eine Mehrzahl an Projektionseinheiten, welche dazu eingerichtet sind, Licht derart zu emittieren, dass an eine jeweilige Projektionseinheit bereitgestellte Bilddaten auf die Oberfläche projiziert werden,

- eine Verschattungsdetektionseinheit, welche dazu eingerichtet ist, ein sich im Lichtstrahl von wenigstens einer der Projektionseinheiten zu der zu bestrahlenden Oberfläche befindliches Objekt zu detektieren, welches die zu bestrahlende Oberfläche derart verdeckt, dass das von der jeweiligen Projektionseinheit abgegebene Licht die zu bestrahlende Oberfläche unvollständig erreicht, und in diesem Fall entsprechende Verschattungsinformationen auszugeben, und

- eine Steuereinheit, welche dazu eingerichtet ist, Tiefeninformationen von der Tiefeninformationserfassungseinrichtung, Positionsdaten einer räumlichen Position und Richtungsdaten einer Licht-Abstrahlrichtung einer jeweiligen Projektionseinheit und ursprüngliche Bilddaten zu empfangen und/oder zu enthalten,

wobei die Steuereinheit ferner dazu eingerichtet ist,

- auf Grundlage der Positionsdaten, der Richtungsdaten und der Verschattungsinformationen zu bestimmen, welche der Projektionseinheiten dazu geeignet ist, einen vorbestimmten Teil der zu projizierenden Bilddaten verschattungsfrei auf die Oberfläche zu projizieren,

- die ursprünglichen Bilddaten mit den Tiefeninformationen der Oberfläche, den Positionsdaten und den Richtungsdaten einer jeweiligen Projektionseinheit zu veränderten, insbesondere verzerrten, Bilddaten zu verrechnen, und

- an eine entsprechend bestimmte Projektionseinheit den vorbestimmten Teil der veränderten Bilddaten ausgegeben, um durch diese auf die Oberfläche projiziert zu werden, sodass eine Reflexion der auf die unebene Oberfläche projizierten veränderten Bilddaten im Wesentlichen den ursprünglichen Bilddaten entspricht.

[0006] Somit ist die erfindungsgemäße Projektionsvorrichtung dadurch, dass wiederholt die räumlichen Tiefeninformationen der unebenen Oberfläche erfasst werden und entsprechend veränderte Bilddaten an eine jeweilige Projektionseinheit ausgegeben werden, dazu eingerichtet, eine sich verändernde Oberfläche der Projektionsfläche zu berücksichtigen. So kann der Eindruck eines Bildes, welches durch wenigstens einen Betrachter wahrgenommen wird, auch bei einer sich verändernden Unebenheit der Oberfläche im Wesentlichen gleichbleibend aufrechterhalten werden.

[0007] Darüber hinaus ist die erfindungsgemäße Projektionsvorrichtung dadurch, dass sie eine Mehrzahl an Projektionseinheiten umfasst, und dadurch, dass eine Verschattungsdetektionseinheit vorgesehen ist, welche dazu eingerichtet ist, zu detektieren, dass der von einer bestimmten Projektionseinheit ausgesendete Lichtstrahl zumindest teilweise durch ein Objekt, wie beispielsweise den Kopf oder die Hand eines Operateurs, verschattet wird, die Ausgabe von vorbestimmten Teilbereichen des zu projizierenden Bildes derart an die unterschiedlichen Projektionseinheiten, welche aus zueinander unterschiedlichen Winkeln Licht auf die Oberfläche projizieren, zu verteilen, dass der durch das Objekt im Strahlengang der einen Projektionseinheit verschattete Teil des Lichtstrahls durch den (zumindest in diesem Teilbereich) unverschatteten Strahlengang einer anderen Projektionseinheit auf die Oberfläche projiziert werden kann.

[0008] In einem denkbaren Anwendungsfall können beispielsweise relevante Patienteninformationen und/oder Systeminformationen von in einem Operationssaal verwendeten Geräten derart auf geeignete Oberflächen projiziert werden, dass einem Operateur oder einer anderen Person im Raum direkt relevante Informationen in das jeweilige Arbeitsfeld, beispielsweise direkt neben eine Operationswunde, bereitgestellt werden. Bewegt sich nun eine Hand oder ein Kopf oder ein anderweitiges Objekt in den Strahlengang einer der Projektionseinheiten, so würde dies dazu führen, dass die relevanten Informationen unvollständig dargestellt werden. Um dies zu kompensieren, kann die erfindungsgemäße Projektionsvorrichtung umgehend den im Strahlengang der einen Projektionseinheit verschatteten Bereich durch zumindest eine andere Projektionseinheit darstellen lassen.

[0009] In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass der Begriff „Oberfläche“ natürlich nicht darauf zu beschränken ist, dass es sich um die Oberfläche eines einzigen Elements, wie beispielsweise eines einzigen Operationstuchs, handelt. Die Oberfläche, auf welche die Bilddaten zu projizieren sind, kann aus unterschiedlichsten Elementen, Materialien oder Farben zusammengesetzt sein.

[0010] Auch muss es sich bei der zu bestrahlenden Oberfläche beziehungsweise den zu projizierenden Bilddaten nicht um einen zusammenhängenden Bereich handeln, sondern die zu projizierenden Bilddaten können mehrere voneinander getrennte Bilddatenbereiche umfassen, welche auf unterschiedliche Bereiche einer zu bestrahlenden Oberfläche zu projizieren sind. Dabei können die voneinander getrennten Bereiche der zu bestrahlenden Oberfläche beispielsweise wenigstens ein Operationstuch einerseits und einen Operationstisch oder einen Instrumententisch andererseits umfassen. Auch ist es denkbar, einen ersten Bereich der zu projizierenden Bilddaten auf ein Operationstuch in der Nähe eines Operationsfelds zu projizieren und einen davon gesonderten Bereich der zu projizierenden Bilddaten auf einen von dem Operationsbereich entfernten Abschnitt des Operationstuchs oder ein anderes Operationstuch zu projizieren.

[0011] So können die Mehrzahl an Projektionseinheiten insbesondere dazu eingerichtet sein, ein deutlich größeres Projektionsfeld bestrahlen zu können, als es für die Projektion der zu projizierenden Bilddaten tatsächlich genutzt wird. Beispielsweise kann das maximal mögliche Bestrahlungsfeld der Mehrzahl an Projektionseinheiten wenigstens einen Bereich von 2 m x 1 m, insbesondere wenigstens einen Bereich von 2 m x 3 m, zum Beispiel den gesamten sterilen Bereich einer Operationsumgebung, umfassen. Dahingegen kann ein jeweiliger aktuell tatsächlich bestrahlter Bereich in etwa 10% des maximal möglichen Bestrahlungsfelds, beispielsweise 20 cm x 30 cm oder 30 cm x 40 cm, betragen. Demgemäß kann der tatsächlich bestrahlte Bereich je nach Bedarf an die Umgebungsbedingungen angepasst, das heißt in seiner Größe verändert und/oder in seiner Position verlagert werden, ohne dass es einer Verstellung der Projektionseinheiten bedarf.

[0012] Ferner sei darauf hingewiesen, dass im Rahmen dieser Erfindung beschriebene Funktionseinheiten nicht zwangsläufig auch als getrennte Bauteile ausgebildet sein müssen. So ist es beispielsweise denkbar, dass die Funktionen der Tiefeninformationserfassungseinrichtung und der Verschattungsdetektionseinheit durch ein und dieselbe Komponente realisiert werden können. Beispielsweise kann durch die Tiefeninformationserfassungseinrichtung nicht nur eine räumliche Information der zu bestrahlenden Oberfläche erfasst werden, sondern es können räumliche Informationen, insbesondere Tiefeninformationen, von die Oberfläche umgebenden Bereichen, insbesondere eines gesamten Operationsfelds, erfasst werden. Auf dieser Grundlage und in Kenntnis der Positionen und Orientierungen der Projektionseinheiten im Raum kann dann bestimmt werden, ob sich im Strahlengang wenigstens einer Projektionseinheit ein Objekt befindet, welches zu einer Verschattung des durch die jeweilige Projektionseinheit zu projizierenden Bildes führen kann (Funktion der Verschattungsdetektionseinheit).

[0013] Alternativ oder zusätzlich ist es denkbar, dass wenigstens eine der Projektionseinheiten auch einen Teil der Tiefeninformationserfassungseinrichtung bildet beziehungsweise hierfür genutzt wird. So kann beispielsweise von einer der Projektionseinheiten ein vorbestimmtes Muster, wie beispielsweise ein Gitter, auf die zu bestrahlende Oberfläche projiziert werden, welches durch wenigstens eine

Kamera, insbesondere mehrere Kameras erfasst wird. Auf Grundlage der Verzerrung des vorbestimmten Musters durch die unebene Oberfläche kann dann die Unebenheit der Oberfläche bestimmt werden, ohne dass die Tiefeninformationserfassungseinrichtung selbst dazu eingerichtet sein muss, räumliche Tiefeninformationen bestimmen zu können.

[0014] Ferner sei darauf hingewiesen, dass sich der von einer bestimmten Projektionseinheit ausgesendete „Lichtstrahl“ beziehungsweise das von dieser abgegebene „Licht“ auf eine Hauptabstrahlrichtung beziehen soll. Üblicherweise wird sich der von einer bestimmten Projektionseinheit abgegebene Lichtstrahl kegelförmig von der Projektionseinheit zu der Oberfläche vergrößern, das heißt, die Lichtstrahlen verlaufen nicht parallel zueinander. Mit der „Hauptabstrahlrichtung“ soll daher die grundlegende Richtung des von der Projektionseinheit zu der Oberfläche abgegebenen Lichts bezeichnet werden. Zum Beispiel kann sich die Hauptabstrahlrichtung im Zentrum eines von der Projektionseinheit ausgehenden Lichtkegels angeordnet sein.

[0015] Die lichtabgebende Einheit einer jeweiligen Projektionseinheit kann beispielsweise eine LED-Lichtquelle, eine Laser-Lichtquelle oder anderweitig geeignete Lichtquelle sein.

[0016] Vorteilhafterweise kann die Steuereinheit dazu eingerichtet sein, die Bestimmung der geeigneten Projektionseinheiten zur verschattungsfreien Projektion, die Verrechnung der Tiefeninformationen der Oberfläche, der Positionsdaten und der Richtungsdaten einer jeweiligen Projektionseinheit zu veränderten Bilddaten und die Ausgabe des vorbestimmten Teils der veränderten Bilddaten an jede Projektionseinheit wenigstens 1 Mal pro Sekunde, insbesondere wenigstens 30 Mal pro Sekunde, vorteilhafterweise wenigstens 90 Mal pro Sekunde, durchzuführen. Auf diese Weise kann die Projektionsvorrichtung eine Anpassung an sich ändernde Bedingungen, wie zum Beispiel eine Änderung der Unebenheit der Oberfläche oder eine Verstellung des Operationstischs oder eine Änderung der Abschattung durch ein Objekt (Abschattung beginnt oder Abschattung wird größer oder Abschattung wird geringer oder Abschattung endet) oder ähnliches, nahezu in Echtzeit vornehmen.

[0017] Gerade für den Fall, in welchem die Projektionsvorrichtung dazu eingerichtet ist, die Anpassung an sich ändernde Bedingungen wenigstens einmal pro Sekunde vorzunehmen, aber nicht darauf beschränkt, kann es vorgesehen sein, dass ein Objekt, welches sich mit einer gewissen Mindestgeschwindigkeit durch den Strahlengang einer Projektionseinheit bewegt, wie beispielsweise mit wenigstens 0,5 m/s, insbesondere mit wenigstens 1 m/s, zu keiner Änderung der Projektionseigenschaften führt. In einem solchen Fall kann es für einen Betrachter der projizierten Bilddaten akzeptabel oder sogar intuitiver sein, dass es zu einer kurzen Abschattung der Projektion kommt.

[0018] Ferner kann die wenigstens eine Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung dazu eingerichtet sein, Tiefeninformationen auf Grundlage von Stereoskopie und/oder Time-of-Flight und/oder Frequenzmodulation zu erfassen, wobei die Erfassungseinheit insbesondere als eine RGB-Kamera oder Tiefenkamera oder als eine IR-Kamera oder als ein LiDAR-Sensor oder als eine Muster-Sende-/Empfangseinheit ausgebildet ist. Natürlich ist die voranstehende Erwähnung möglicher Technologien zur Tiefenerfassung nicht als abschließende Liste zu verstehen. Jegliche geeignete Technologie, welche es ermöglicht, Informationen über die Unebenheit der Oberfläche und/oder Informationen zu erhalten, welche dazu dienen können, ein die Projektion abschattendes Objekt zu erfassen, können im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Projektionsvorrichtung einsetzbar sein.

[0019] Die Tiefeninformationserfassungseinrichtung kann insbesondere eine Mehrzahl von Erfassungseinheiten umfassen, welche dazu eingerichtet sind, Tiefeninformationen der unebenen Oberfläche aus zueinander unterschiedlichen Perspektiven auf die unebene Oberfläche zu erfassen. So kann, insbesondere wenn eine jeweilige Projektionseinheit und eine Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sein sollten, vermieden werden, dass bei einer Abschattung eines Lichtstrahls einer Projektionseinheit und zugleich einer Abschattung der Sichtachse der Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung auf die Oberfläche, keine Tiefeninformationen mehr erfasst werden können, da die benötigten Informationen von wenigstens einer weiteren Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung gesammelt werden können.

[0020] In einer möglichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die wenigstens eine Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung in Relation zu wenigstens einer der Projektionseinheiten, insbesondere zu allen Projektionseinheiten, unverlagerbar angeordnet sein. Dies kann bedeuten, dass die wenigstens zwei zueinander unverlagerbar angeordneten Projektionseinheiten zueinander in Bezug auf ihre Relativposition und/oder in Bezug auf ihre Relativorientierung fixiert sind. Diese zueinander fixierte Relativposition und/oder Relativorientierung kann, zum Beispiel durch eine initiale Vermessung beziehungsweise Kalibrierung, erfasst werden und als Daten in der Steuereinheit gespeichert werden. So kann auf Grundlage dieser bekannten Relativposition und/oder

Relativorientierung auf eine Position und/oder Orientierung der jeweiligen Projektionseinheit im Raum und relativ zu der Oberfläche rückgeschlossen werden. Das heißt, durch eine im Raum bekannte Position und/oder Orientierung einer jeweiligen Projektionseinheit und einer im Raum bekannten Lage der Oberfläche, auf welche Bilddaten zu projizieren sind, kann eine Hauptabstrahlrichtung dieser Projektionseinheit bestimmt werden. So kann über eine bekannte (zum Beispiel durch die Tiefeninformationserfassungseinrichtung vermessene) Lage und Größe eines Objekts bestimmt werden, für welche Projektionseinheit und für welchen Teil des davon abgegebenen Lichtstrahls das Objekt abschattend ist.

[0021] Die wenigstens eine Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung und wenigstens eine der Projektionseinheiten, insbesondere alle Projektionseinheiten, kann an oder in einer Raumwand, insbesondere einer Raumdecke, angeordnet sein. Als Raumwand ist hier insbesondere eine Wand zu verstehen, welche einen Raum, insbesondere einen Operationssaal, begrenzt. Somit sind auch abgehängte oder vorgelagerte Wände (Klimadecke, Wandverschalungen etc.) als Raumwände zu verstehen. Zum Beispiel kann die wenigstens eine Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung und die wenigstens eine Projektionseinheit in einer Klimadecke eines OP-Raums angeordnet sein. Dabei ist es sowohl denkbar, dass die Anordnung derart ist, dass wenigstens eine der Einheiten bündig mit der umgebenden Decke abschließt als auch dass wenigstens eine der Einheiten von der Decke in den Raum vorsteht. Für den Fall, dass eine Mehrzahl an Leuchteinheiten in der jeweiligen Raumwand vorgesehen sein sollten, kann die wenigstens eine Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung und die wenigstens Projektionseinheit anstelle einer jeweiligen Leuchteinheit oder zusätzlich dazu in der Raumwand angeordnet sein.

[0022] Alternativ oder zusätzlich kann die wenigstens eine Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung in Relation zu wenigstens einer der Projektionseinheiten verlagerbar angeordnet sein. Es sei darauf hingewiesen, dass es durchaus denkbar ist, dass die Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung in Relation zu wenigstens einer der Projektionseinheiten verlagerbar angeordnet ist, aber in Relation zu wenigstens einer weiteren der Projektionseinheiten unverlagerbar angeordnet ist. Eine Verlagerung, insbesondere eine Änderung der Orientierung, der jeweiligen Projektionseinheit und/oder der Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung kann beispielsweise durch zugeordnete Stelleinrichtungen, wie zum Beispiel wenigstens einen Elektromotor, erfolgen.

[0023] Hierbei kann die Projektionsvorrichtung ferner eine Kalibrationseinrichtung umfassen, welche dazu eingerichtet ist, eine Veränderung der Position und/oder Orientierung der wenigstens einen Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung in Relation zu wenigstens einer der Projektionseinheiten zu erfassen und entsprechende veränderte Raumkoordinaten der Erfassungseinheit und/oder der Projektionseinheit oder eine entsprechend veränderte Relativposition und/oder Relativorientierung an die Steuereinheit auszugeben. Diese Rekalibrierung der Projektionsvorrichtung kann auf unterschiedliche Weisen durchgeführt werden. So ist es denkbar, dass eine extrinsische kamerabasierte Kalibrierung durchgeführt wird, bei welcher ein bekanntes Muster auf die Oberfläche projiziert wird, welches dann wiederum durch wenigstens eine Kamera erfasst wird. Aufgrund einer Abweichung der Soll-Bilddaten von den Ist-Bilddaten kann auf eine veränderte Relativposition und/oder Relativorientierung der Einheiten der Projektionsvorrichtung rückgeschlossen werden und die in der Steuereinheit hinterlegten Relativpositionen und/oder Relativorientierungen können entsprechend aktualisiert werden. Auch ist es denkbar, die Einheiten der Projektionsvorrichtung mit einer Trackingfunktion zu versehen, sodass die Positionen und/oder Orientierungen der Einheiten der Projektionsvorrichtung im Raum durch eine Trackingvorrichtung erfassbar sind. Dabei können Komponenten der Projektionsvorrichtung, wie beispielsweise die wenigstens eine Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung, auch Bestandteil der Trackingvorrichtung sein. Ferner sei beschrieben, dass eine veränderte Relativposition und/oder Relativorientierung der Erfassungseinheit und/oder der Projektionseinheit auch auf Grundlage eines Steuersignals, welches zur Repositionierung der Einheit (en) an eine jeweils zugeordnete Stelleinrichtungen ausgegeben wird, bestimmt werden, indem eine Soll-Änderung der Position und/oder Orientierung der Einheit(en) durch die Stelleinrichtung basierend auf dem Steuersignal auch gleichzeitig zur Bestimmung der veränderten Relativposition und/oder Relativorientierung der Einheit(en) dient.

[0024] Beispielsweise kann die wenigstens eine Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung und/oder wenigstens eine der Projektionseinheiten in einer Operationsleuchte, insbesondere einem Leuchtenkörper der Operationsleuchte, angeordnet sein. Als „Leuchtenkörper“ soll dabei derjenige Grundkörper verstanden werden, in welche die Leuchtmittel der Operationsleuchte angeordnet sind. Da es im Interesse des Operationspersonals, insbesondere des Operateurs, ist, dass ein Operationsfeld stets ausreichend beleuchtet ist, wird eine Operationsleuchte üblicherweise so ausgerichtet, dass sie das Operationsfeld frei bestrahlen kann. Ist nun die wenigstens eine

Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung und/oder wenigstens eine der Projektionseinheiten ebenfalls in der Operationsleuchte angeordnet, so wird mit einer Einstellung der Operationsleuchte zusätzlich auch dafür gesorgt, dass die Projektionsvorrichtung eine ungehinderte Sicht-/Bestrahlungsverbindung zum Operationsfeld beziehungsweise zu der Projektionsfläche hat.

[0025] In diesem Zusammenhang kann die Operationsleuchte einen Gelenkarm umfassen, an welchem der Leuchtenkörper befestigt ist, wobei wenigstens einem der Gelenke, insbesondere allen Gelenken, des Gelenkarms eine Sensoreinheit zugeordnet ist, welche dazu eingerichtet ist, eine Bewegung des jeweiligen Gelenks zu erfassen und ein entsprechendes Signal an die Steuereinheit auszugeben. So kann die oben beschriebene Rekalibrierung der Einheiten der Projektionsvorrichtung, das heißt eine Erfassung veränderter Relativpositionen und/oder Relativorientierungen der Einheiten der Projektionsvorrichtung und eine Ausgabe davon an die Steuereinheit, auch auf Grundlage von entsprechenden Sensordaten erfolgen. Der Gelenkarm kann wiederum an einer Raumwand oder an einem, insbesondere im raum bewegbaren, Stativ angeordnet sein.

[0026] Ferner kann die wenigstens eine Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung und/oder eine Gestenerfassungseinheit dazu eingerichtet sein, Gesten eines Benutzers zu erfassen und entsprechende Signale an die Steuereinheit auszugeben, und/oder eine Spracherfassungseinheit kann dazu eingerichtet sein, Sprache eines Benutzers zu erfassen und entsprechende Signale an die Steuereinheit auszugeben, und/oder eine Fernbedienungseinheit kann dazu eingerichtet sein, eine Bedienung einer Fernbedienungseinrichtung durch einen Benutzer zu erfassen und entsprechende Signale an die Steuereinheit auszugeben. In der (oder einer weiteren) Steuereinheit können diese Signale dann mit hinterlegten Gesten und/oder mit hinterlegen Sprachbefehlen und/oder mit hinterlegten Fernbedienungsbefehlen verglichen und bei entsprechend großer Übereinstimmung einem Steuerbefehl zugeordnet werden beziehungsweise dieser kann ausgeführt werden. Eine solche Fernbedienungseinheit kann insbesondere ein (getrackter) Pointer und/oder ein Joystick und/oder ein Touchscreen sein.

[0027] Dabei kann die Steuereinheit dazu eingerichtet sein, die durch die wenigstens eine Erfassungseinheit der Tiefeninformationserfassungseinrichtung und/oder die durch die Gestenerfassungseinheit erfassten Gesten des Benutzers in räumliche Relation zu den auf die Oberfläche projizierten Bilddaten zu setzen. So können gleiche Gesten in unterschiedlichen Bereichen des projizierten Bilds unterschiedliche Steuerungen hervorrufen. Zum Beispiel kann eine Linearbewegung eines Fingers des Benutzers in einem ersten Feld des projizierten Bilds eine Helligkeitsänderung der OP-Leuchte und eine Linearbewegung eines Fingers des Benutzers in einem zweiten Feld des projizierten Bilds eine Fokusänderung der OP-Leuchte hervorrufen. Dabei kann es insbesondere vorgesehen sein, dass der Benutzer nicht die Oberfläche, auf welche das Bild projiziert wird, an sich berühren muss, sondern dass es für die Steuerung ausreichend ist, wenn der Benutzer die Geste in einem gewissen Abstand zu der Oberfläche ausführt, um nicht gegen Sterilitätsanforderungen im Operationsbetrieb zu verstoßen.

[0028] Vorteilhafterweise kann der vorbestimmte Teil der veränderten Bilddaten, welcher durch eine jeweilige Projektionseinheit auf die Oberfläche projiziert wird, an einem äußeren Randabschnitt davon eine, im Verlauf von innen nach außen, allmählich abnehmende Helligkeit aufweisen. Der vorbestimmte Teil kann eine beliebig geformte, insbesondere nichtrechteckige, Teilfläche der zu projizierenden Bilddaten sein. Die „allmählich“ abnehmende Helligkeit kann dabei im Wesentlichen gleichmäßig von dem vorbestimmten Teil nach außen hin abnehmen oder kann in wenigstens, insbesondere mehreren, Stufen von dem vorbestimmten Teil nach außen hin abnehmen. So kann bei einem Zusammensetzen der vorbestimmten Teile der projizierenden Bilddaten an der Oberfläche erreicht werden, dass sich benachbarte Teile leicht überlappen, ohne dass es zu einer störend wahrnehmbaren, zum Beispiel sprunghaften, Erhöhung der Helligkeit in dem Überlappungsbereich kommt. Auch kann so der Fall abgefangen werden, dass die Teile nicht exakt aneinander grenzen und eine Lücke zwischen den Teilen entstehen würde, da die Randbereiche von zwei zueinander benachbarten vorbestimmten Teilen der projizierenden Bilddaten in jedem der beiden Teile vorhanden sind.

[0029] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die eingangs beschriebene Aufgabe durch ein Projektionsverfahren gelöst, um Bilddaten auf eine unebene Oberfläche, insbesondere ein Operationstuch, zu projizieren, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- Erfassen von wenigstens räumlichen Tiefeninformationen der unebenen Oberfläche, auf welche die Bilddaten zu projizieren sind, durch eine Tiefeninformationserfassungseinrichtung, welche wenigstens eine Erfassungseinheit umfasst,

- Bereitstellen einer Mehrzahl an Projektionseinheiten, welche Licht derart emittieren, dass an eine jeweilige Projektionseinheit bereitgestellte Bilddaten auf die Oberfläche projiziert werden,

- Detektieren durch eine Verschattungsdetektionseinheit eines sich im Lichtstrahl von wenigstens einer der Projektionseinheiten zu

der zu bestrahlenden Oberfläche befindlichen Objekts, welches die zu bestrahlende Oberfläche derart verdeckt, dass das von der jeweiligen Projektionseinheit abgegebene Licht die zu bestrahlende Oberfläche unvollständig erreicht, und, in diesem Fall, Ausgeben entsprechender Verschattungsinformationen, und

- Bereitstellen einer Steuereinheit, welche Tiefeninformationen von der Tiefeninformationserfassungseinrichtung, Positionsdaten einer räumlichen Position und Richtungsdaten einer Licht-Abstrahlrichtung einer jeweiligen Projektionseinheit und ursprüngliche Bilddaten empfängt, wobei das Verfahren ferner die Schritte umfasst:

- Bestimmen durch die Steuereinheit, welche der Projektionseinheiten dazu geeignet ist, einen vorbestimmten Teil der zu projizierenden Bilddaten verschattungsfrei auf die Oberfläche zu projizieren, auf Grundlage der Positionsdaten, der Richtungsdaten und der

[0030] Verschattungsinformationen,

- Verrechnen der ursprünglichen Bilddaten mit den Tiefeninformationen der Oberfläche, den Positionsdaten und den Richtungsdaten einer jeweiligen Projektionseinheit zu veränderten, insbesondere verzerrten, Bilddaten, und

- Ausgeben des vorbestimmten Teils der veränderten Bilddaten an eine entsprechend bestimmte Projektionseinheit, um durch diese auf die Oberfläche projiziert zu werden, sodass eine Reflexion der auf die unebene Oberfläche projizierten veränderten Bilddaten im Wesentlichen den ursprünglichen Bilddaten entspricht.

[0031] Bereits an dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass wenigstens manche, insbesondere alle, der mit Bezug auf die erfindungsgemäße Projektionsvorrichtung erwähnten Merkmale, Vorteile und Effekte auch auf das erfindungsgemäße Projektionsverfahren anwendbar sein können, und umgekehrt.

[0032] Eine „Reflexion“ im Sinne des erfindungsgemäßen Projektionsverfahrens kann wenigstens eine bestimmte Reflexion, das heißt von der Oberfläche in wenigstens einer bestimmten Richtung reflektiertes Licht, sein.

[0033] Insbesondere können die Schritte des Bestimmens der geeigneten Projektionseinheiten zur verschattungsfreien Projektion, des Verrechnens der Tiefeninformationen der Oberfläche, der Positionsdaten und der Richtungsdaten einer jeweiligen Projektionseinheit zu veränderten Bilddaten und das Ausgeben des vorbestimmten Teils der veränderten Bilddaten an eine entsprechend bestimmte Projektionseinheit wenigstens 1 Mal pro Sekunde, insbesondere wenigstens 30 Mal pro Sekunde, vorteilhafterweise wenigstens 90 Mal pro Sekunde, durchgeführt werden. Wie bereits mit Bezug auf die erfindungsgemäße Projektionsvorrichtung beschrieben, kann so eine ständige Anpassung an die tatsächlich vorliegende Situation erfolgen. Dies kann zur Folge haben, dass ein Benutzer, insbesondere ein Operateur, keine Kenntnis davon erlangt, dass der Strahlengang einer Projektionseinheit abgeschattet wurde und so der verschattete Teilbereich durch eine unverdeckte Projektionseinheit auf die Oberfläche projiziert wird.

[0034] Die vorliegende Erfindung wird im Folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen in größerem Detail beschrieben werden. Es stellt dar:

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer erfindungsgemäßen Projektionsvorrichtung;

Fig. 2 eine schematische Ansicht eines Operationsfelds, in welchem projizierte Bilddaten dargestellt werden;

Fig. 3 eine Aufsicht auf das Operationsfeld aus **Fig.** 2; und

Fig. 4 die erfindungsgemäße Projektionsvorrichtung aus **Fig.** 1, wobei hier zusätzlich eine Unebenheit der Oberfläche, ursprüngliche und zu projizierende Bilddaten angezeigt sind.

[0035] In **Fig.** 1 ist eine erfindungsgemäße Projektionsvorrichtung allgemein mit dem Bezugszeichen 10 bezeichnet. Die Projektionsvorrichtung 10 umfasst in der in **Fig.** 1 dargestellten Ausführungsform eine erste Projektionseinheit 12 und eine zweite Projektionseinheit 14, welche jeweils dazu eingerichtet sind, an einer Lichtauslassöffnung 16 beziehungsweise 18 Licht auf eine Oberfläche zu projizieren.

[0036] Wie in **Fig.** 1 zu erkennen ist, wird die Oberfläche, auf welche das Licht beziehungsweise Bilddaten durch die Projektionseinheiten 12 und 14 zu projizieren sind, hier durch ein Operationstuch 20 gebildet. Die auf das Operationstuch 20 zu projizierenden Bilddaten 22 sind hier einer Operationswunde 24 benachbart angeordnet.

[0037] Mit zusätzlichem Bezug auf die **Fig.** 2 und 3 ist zu erkennen, dass die Oberfläche des Operationstuchs 20 uneben ist. Demgemäß würde eine Projektion der ursprünglichen Bilddaten aufgrund der unebenen Oberfläche 20 zu einer verzerrten Reflexion und damit zu einem verzerrten Bildeindruck für einen Betrachter führen.

[0038] Um dem entgegenzuwirken, umfasst die erfindungsgemäße Projektionsvorrichtung 10 ferner eine Tiefeninformationserfassungseinrichtung 26,

welche in der in **Fig.** 1 dargestellten Ausführungsform in einem gemeinsamen Gehäuse mit der Projektionseinheit 12 beziehungsweise mit der Projektionseinheit 14 angeordnet ist. Die Tiefeninformationserfassungseinrichtung 26 umfasst in der hier dargestellten Ausführungsform zwei Tiefenkameras 28 und 30, welche dazu eingerichtet sind, wenigstens demjenigen Teil der unebenen Oberfläche 20, auf welchem die Bilddaten 22 zu projizieren sind, insbesondere jedoch ein gesamtes Operationsfeld dreidimensional zu erfassen. Somit kann eine Unebenheit der Oberfläche 20 dreidimensional erfasst werden. Die Unebenheit der Oberfläche 20 (siehe Kasten 32 in **Fig.** 4) kann dann derart mit den ursprünglichen Bilddaten (siehe Kasten 34 in **Fig.** 4) verrechnet werden, dass zu projizierende Bilddaten 36 erzeugt werden, welche, wenn auf die Oberfläche 20 projiziert, reflektierte Bilddaten 38 erzeugen, welche in wenigstens einer Reflexionsrichtung im Wesentlichen den ursprünglichen Bilddaten 34 entsprechen.

[0039] Darüber hinaus kann in der dargestellten Ausführungsform über die räumlichen Tiefeninformationen bestimmt werden, ob sich im Strahlengang (in **Fig.** 1 beispielhaft mit dem Bezugszeichen 40 bezeichnet) ein Objekt befindet, welches den Strahlengang 40 zumindest teilweise unterbricht. Ein solches Objekt ist in **Fig.** 1 beispielhaft durch einen Operateur 42 dargestellt. Ebenso ist es denkbar, dass es sich bei einem den Strahlengang 40 abschattenden Objekt um ein medizinisches Instrument, ein medizinisches Gerät, wie beispielsweise eine Operationsleuchte, oder um eine weitere Person handelt. In der hier dargestellten Ausführungsform erfüllen die Tiefenkameras 28 und 30 somit auch die Funktion einer Verschattungsdetektionseinheit 44.

[0040] In Kenntnis der Position des wenigstens einen Strahlengang 40 abschattenden Objekts und in Kenntnis der Positionen und der Richtungen der Projektionseinheiten 12, 14 kann bestimmt werden, welcher Teil der zu projizierenden Bilddaten nicht von einer jeweiligen Projektionseinheit 12, 14 auf die Oberfläche 20 projiziert werden kann. In Reaktion darauf werden die Projektionseinheiten 12, 14 von einer damit verbundenen Steuereinheit 46 derart angesteuert, dass der vorbestimmte Teil der zu projizierenden Bilddaten, welche durch die eine Projektionseinheit (in **Fig.** 1 die Projektionseinheit 12) nicht dargestellt werden kann, von der entsprechend anderen Projektionseinheit (in **Fig.** 1 der Projektionseinheit 14) auf die Oberfläche 20 projiziert wird.

[0041] Im Ergebnis erhält ein Betrachter der auf die Oberfläche 20 projizierten Bilddaten selbst in dem Fall ein vollständiges auf die Oberfläche 20 projiziertes Bild 22, in welchem sich ein Objekt, insbesondere der Betrachter selbst, in den Strahlengang 40 von wenigstens einer der Projektionseinheiten hineinbewegt.

[0042] Neben der reinen Darstellung von auf die Oberfläche 20 projizierten Bilddaten im Sinne von wiedergegebenen Informationen, ist es ebenso denkbar, dass dem Benutzer die Möglichkeit gegeben wird, mit der Projektionsvorrichtung 10 in Interaktion zu treten. So kann ein Benutzer beispielsweise in einem bestimmten Bereich der projizierten Bilddaten, insbesondere unter Einhaltung eines Mindestabstands zu der Oberfläche 20, um zum Beispiel Sterilitätsanforderungen zu genügen, eine vorbestimmte Geste ausführen, um so medizinisches Equipment steuern zu können, ohne mit diesem medizinischen Equipment selbst in Interaktion zu treten.

[0043] Beispielsweise kann der Benutzer mit seiner Hand oder wenigstens einem Finger eine Linearbewegung in dem vorbestimmten Bereich der projizierten Bilddaten ausführen und auf diese Weise eine Helligkeit einer Operationsleuchte und/oder einer Raumbeleuchtung verändern. Natürlich ist es auch denkbar, dass eine vorbestimmte Geste des Benutzers Einfluss auf die projizierten beziehungsweise zu projizierenden Bilddaten hat. So kann zum Beispiel eine Geste, wie etwa eine Wischgeste, einen Wechsel der angezeigten Informationen hervorrufen, oder ein Zusammenführen beziehungsweise Auseinanderbewegen von wenigstens zwei Fingerspitzen der Hand des Operateurs kann ein Verkleinern beziehungsweise Vergrößern von projizierten Informationen oder auch des gesamten Projektionsfeldes 22 hervorrufen.

[0044] Derartige Gesten können beispielsweise über eine (nicht dargestellte) Gestenerfassungseinheit erfasst werden. Es ist aber auch denkbar, dass die Gestenerfassung beziehungsweise die Funktion der Gestenerfassungseinheit durch die Tiefeninformationserfassungseinrichtung, mit Bezug auf die Projektionsvorrichtung 10 gemäß **Fig.** 1, die Tiefenkameras 28, 30, umgesetzt wird.

[0045] Alternativ oder zusätzlich ist es auch denkbar, dass, anstatt oder zusätzlich zu einer Gestensteuerung, eine Sprachsteuerung in der Projektionsvorrichtung 10 umfasst ist, welche dazu eingerichtet ist, Sprachbefehle zu erfassen und entsprechende Signale an die Steuereinheit 46 auszugeben.

[0046] Im Ergebnis erhält das Operationspersonal, und insbesondere der Operateur 42, durch die erfindungsgemäße Projektionsvorrichtung 10 die Möglichkeit, seine Konzentration vollständig auf das Operationsfeld zu richten und in diesem alle für die Operation relevanten Informationen und/oder Steuerungsmöglichkeiten zu erhalten.

Patentansprüche

1. Projektionsvorrichtung (10), welche dazu geeignet ist, Bilddaten auf eine unebene Oberfläche (20), insbesondere ein Operationstuch (20), zu projizieren, wobei die Vorrichtung umfasst:
- eine Tiefeninformationserfassungseinrichtung (26), welche wenigstens eine Erfassungseinheit (28, 30) umfasst und welche dazu eingerichtet ist, wenigstens räumliche Tiefeninformationen der unebenen Oberfläche (20) zu erfassen, auf welche die Bilddaten (22) zu projizieren sind,
- eine Mehrzahl an Projektionseinheiten (12, 14), welche dazu eingerichtet sind, Licht derart zu emittieren, dass an eine jeweilige Projektionseinheit (12, 14) bereitgestellte Bilddaten (36) auf die Oberfläche (20) projiziert werden,
- eine Verschattungsdetektionseinheit (44), welche dazu eingerichtet ist, ein sich im Lichtstrahl (40) von wenigstens einer der Projektionseinheiten (12, 14) zu der zu bestrahlenden Oberfläche (20) befindliches Objekt (42) zu detektieren, welches die zu bestrahlende Oberfläche (20) derart verdeckt, dass das von der jeweiligen Projektionseinheit (12, 14) abgegebene Licht die zu bestrahlende Oberfläche (20) unvollständig erreicht, und in diesem Fall entsprechende Verschattungsinformationen auszugeben, und
- eine Steuereinheit (46), welche dazu eingerichtet ist, Tiefeninformationen von der Tiefeninformationserfassungseinrichtung (26), Positionsdaten einer räumlichen Position und Richtungsdaten einer Licht-Abstrahlrichtung einer jeweiligen Projektionseinheit (12, 14) und ursprüngliche Bilddaten (34) zu empfangen und/oder zu enthalten, wobei die Steuereinheit (46) ferner dazu eingerichtet ist,
- auf Grundlage der Positionsdaten, der Richtungsdaten und der Verschattungsinformationen zu bestimmen, welche der Projektionseinheiten (12, 14) dazu geeignet ist, einen vorbestimmten Teil der zu projizierenden Bilddaten (22) verschattungsfrei auf die Oberfläche (20) zu projizieren,
- die ursprünglichen Bilddaten (34) mit den Tiefeninformationen der Oberfläche (20), den Positionsdaten und den Richtungsdaten einer jeweiligen Projektionseinheit (12, 14) zu veränderten, insbesondere verzerrten, Bilddaten (36) zu verrechnen, und
- an eine entsprechend bestimmte Projektionseinheit (12, 14) den vorbestimmten Teil der veränderten Bilddaten (36) ausgegeben, um durch diese auf die Oberfläche (20) projiziert zu werden, sodass eine Reflexion (38) der auf die unebene Oberfläche (20) projizierten veränderten Bilddaten (36) im Wesentlichen den ursprünglichen Bilddaten (34) entspricht.

2. Projektionsvorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (46) dazu eingerichtet ist, die Bestimmung der geeigneten Projektionseinheiten (12, 14) zur verschattungsfreien Projektion, die Verrechnung der Tiefeninformationen der Oberfläche (20), der Positionsdaten und der Richtungsdaten einer jeweiligen Projektionseinheit (12, 14) zu veränderten Bilddaten (36) und die Ausgabe des vorbestimmten Teils der veränderten Bilddaten (36) an jede Projektionseinheit (12, 14) wenigstens 1 Mal pro Sekunde, insbesondere wenigstens 30 Mal pro Sekunde, vorteilhafterweise wenigstens 90 Mal pro Sekunde, durchzuführen.

3. Projektionsvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Erfassungseinheit (28, 30) der Tiefeninformationserfassungseinrichtung (26) dazu eingerichtet ist, Tiefeninformationen auf Grundlage von Stereoskopie und/oder Time-of-Flight und/oder Frequenzmodulation zu erfassen, wobei die Erfassungseinheit (28, 30) insbesondere als eine RGB-Kamera oder Tiefenkamera (28, 30) oder als eine IR-Kamera oder als ein LiDAR-Sensor oder als eine Muster-Sende-/Empfangseinheit ausgebildet ist.

4. Projektionsvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Tiefeninformationserfassungseinrichtung (26) eine Mehrzahl von Erfassungseinheiten (28, 30) umfasst, welche dazu eingerichtet sind, Tiefeninformationen der unebenen Oberfläche (20) aus zueinander unterschiedlichen Perspektiven auf die unebene Oberfläche (20) zu erfassen.

5. Projektionsvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Erfassungseinheit (28, 30) der Tiefeninformationserfassungseinrichtung (26) in Relation zu wenigstens einer der Projektionseinheiten (12, 14), insbesondere zu allen Projektionseinheiten (12, 14), unverlagerbar angeordnet ist.

6. Projektionsvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Erfassungseinheit (28, 30) der Tiefeninformationserfassungseinrichtung (26) und wenigstens eine der Projektionseinheiten (12, 14), insbesondere alle Projektionseinheiten (12, 14), an oder in einer Raumwand, insbesondere einer Raumdecke, angeordnet sind.

7. Projektionsvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Erfassungseinheit (28, 30) der Tiefeninformationserfassungseinrichtung (26) in Relation zu wenigstens einer der Projektionseinheiten (12, 14) verlagerbar angeordnet ist.

8. Projektionsvorrichtung (10) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Projektionsvorrichtung (10) ferner eine Kalibrationseinrichtung umfasst, welche dazu eingerichtet ist, eine Veränderung der Position und/oder Orientierung der wenigstens einen Erfassungseinheit (28, 30) der Tiefeninformationserfassungseinrichtung (26) in Relation zu wenigstens einer der Projektionseinheiten (12, 14) zu erfassen und entsprechende veränderte Raumkoordinaten der Erfassungseinheit (28, 30) und/oder der Projektionseinheit (12, 14) oder eine entsprechend veränderte Relativposition und/oder Relativorientierung an die Steuereinheit (46) auszugeben.

9. Projektionsvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Erfassungseinheit (28, 30) der Tiefeninformationserfassungseinrichtung (26) und/oder wenigstens eine der Projektionseinheiten (12, 14) in einer Operationsleuchte, insbesondere einem Leuchtenkörper der Operationsleuchte, angeordnet sind/ist.

10. Projektionsvorrichtung (10) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Operationsleuchte einen Gelenkarm umfasst, an welchem der Leuchtenkörper befestigt ist, wobei wenigstens einem der Gelenke, insbesondere allen Gelenken, des Gelenkarms eine Sensoreinheit zugeordnet ist, welche dazu eingerichtet ist, eine Bewegung des jeweiligen Gelenks zu erfassen und ein entsprechendes Signal an die Steuereinheit (46) auszugeben.

11. Projektionsvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Erfassungseinheit (28, 30) der Tiefeninformationserfassungseinrichtung (26) und/oder eine Gestenerfassungseinheit dazu eingerichtet ist, Gesten eines Benutzers zu erfassen und entsprechende Signale an die Steuereinheit (46) auszugeben, und/oder dass eine Spracherfassungseinheit dazu eingerichtet ist, Sprache eines Benutzers zu erfassen und entsprechende Signale an die Steuereinheit (46) auszugeben, und/oder dass eine Fernbedienungseinheit dazu eingerichtet ist, eine Bedienung einer Fernbedienungseinrichtung durch einen Benutzer zu erfassen und entsprechende Signale an die Steuereinheit (46) auszugeben.

12. Projektionsvorrichtung (10) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (46) dazu eingerichtet ist, die durch die wenigstens eine Erfassungseinheit (28, 30) der Tiefeninformationserfassungseinrichtung (26) und/oder die durch die Gestenerfassungseinheit erfassten Gesten des Benutzers in räumliche Relation zu den auf die Oberfläche (20) projizierten Bilddaten zu setzen.

13. Projektionsvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der vorbestimmte Teil der veränderten Bilddaten, welcher durch eine jeweilige Projektionseinheit (12, 14) auf die Oberfläche (20) projiziert wird, an einem äußeren Randabschnitt davon eine, im Verlauf von innen nach außen, allmählich abnehmende Helligkeit aufweist.

14. Projektionsverfahren um Bilddaten auf eine unebene Oberfläche (20), insbesondere ein Operationstuch, zu projizieren, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
- Erfassen von wenigstens räumlichen Tiefeninformationen der unebenen Oberfläche (20), auf welche die Bilddaten zu projizieren sind, durch eine Tiefeninformationserfassungseinrichtung (26), welche wenigstens eine Erfassungseinheit (28, 30) umfasst,
- Bereitstellen einer Mehrzahl an Projektionseinheiten (12, 14), welche Licht derart emittieren, dass an eine jeweilige Projektionseinheit (12, 14) bereitgestellte Bilddaten auf die Oberfläche (20) projiziert werden,
- Detektieren durch eine Verschattungsdetektionseinheit (44) eines sich im Lichtstrahl (40) von wenigstens einer der Projektionseinheiten (12, 14) zu der zu bestrahlenden Oberfläche (20) befindlichen Objekts, welches die zu bestrahlende Oberfläche (20) derart verdeckt, dass das von der jeweiligen Projektionseinheit (12, 14) abgegebene Licht die zu bestrahlende Oberfläche (20) unvollständig erreicht, und, in diesem Fall, Ausgeben entsprechender Verschattungsinformationen, und
- Bereitstellen einer Steuereinheit (46), welche Tiefeninformationen von der Tiefeninformationserfassungseinrichtung (26), Positionsdaten einer räumlichen Position und Richtungsdaten einer Licht-Abstrahlrichtung einer jeweiligen Projektionseinheit (12, 14) und ursprüngliche Bilddaten empfängt, wobei das Verfahren ferner die Schritte umfasst:
- Bestimmen durch die Steuereinheit (46), welche der Projektionseinheiten (12, 14) dazu geeignet ist, einen vorbestimmten Teil der zu projizierenden Bilddaten verschattungsfrei auf die Oberfläche (20) zu projizieren, auf Grundlage der Positionsdaten, der Richtungsdaten und der Verschattungsinformationen,
- Verrechnen der ursprünglichen Bilddaten mit den Tiefeninformationen der Oberfläche (20), den Positionsdaten und den Richtungsdaten einer jeweiligen Projektionseinheit (12, 14) zu veränderten, insbesondere verzerrten, Bilddaten, und
- Ausgeben des vorbestimmten Teils der veränderten Bilddaten an eine entsprechend bestimmte Projektionseinheit (12, 14), um durch diese auf die Oberfläche (20) projiziert zu werden, sodass eine Reflexion der auf die unebene Oberfläche (20) pro-

jizierten veränderten Bilddaten im Wesentlichen den ursprünglichen Bilddaten entspricht.

15. Projektionsverfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schritte des Bestimmens der geeigneten Projektionseinheiten (12, 14) zur verschattungsfreien Projektion, des Verrechnens der Tiefeninformationen der Oberfläche (20), der Positionsdaten und der Richtungsdaten einer jeweiligen Projektionseinheit (12, 14) zu veränderten Bilddaten und das Ausgeben des vorbestimmten Teils der veränderten Bilddaten an eine entsprechend bestimmte Projektionseinheit (12, 14) wenigstens 1 Mal pro Sekunde, insbesondere wenigstens 30 Mal pro Sekunde, vorteilhafterweise wenigstens 90 Mal pro Sekunde, durchgeführt wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

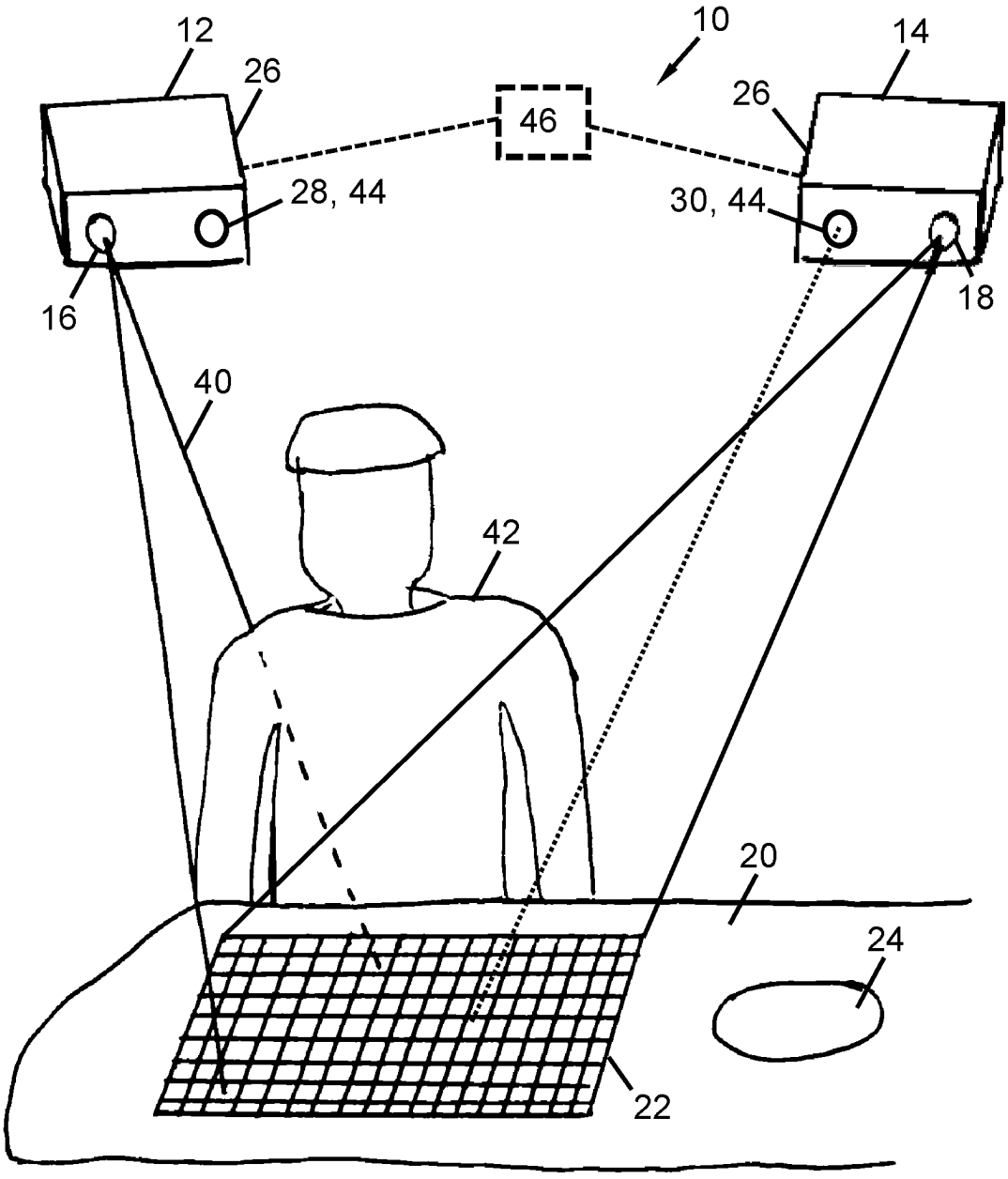


FIG. 1

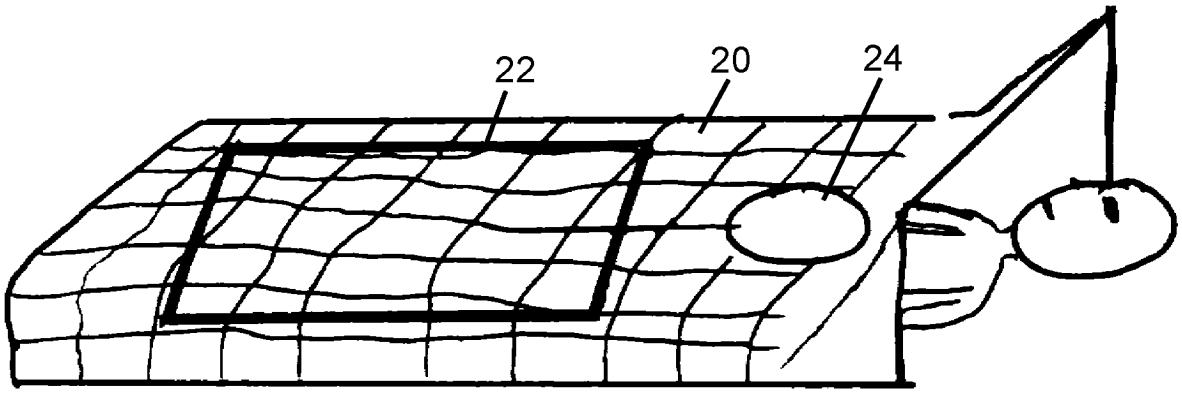


FIG. 2

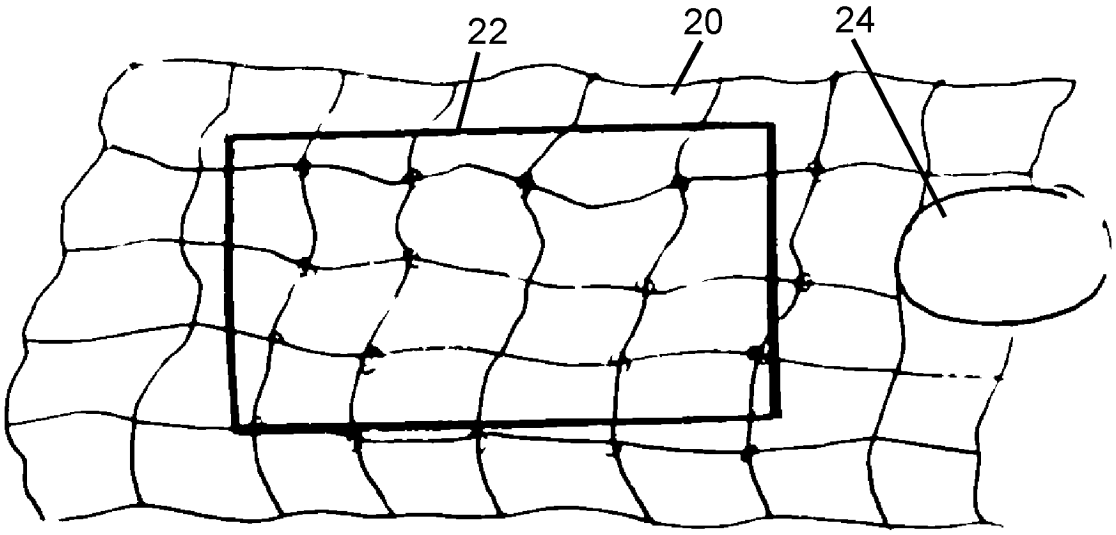


FIG. 3

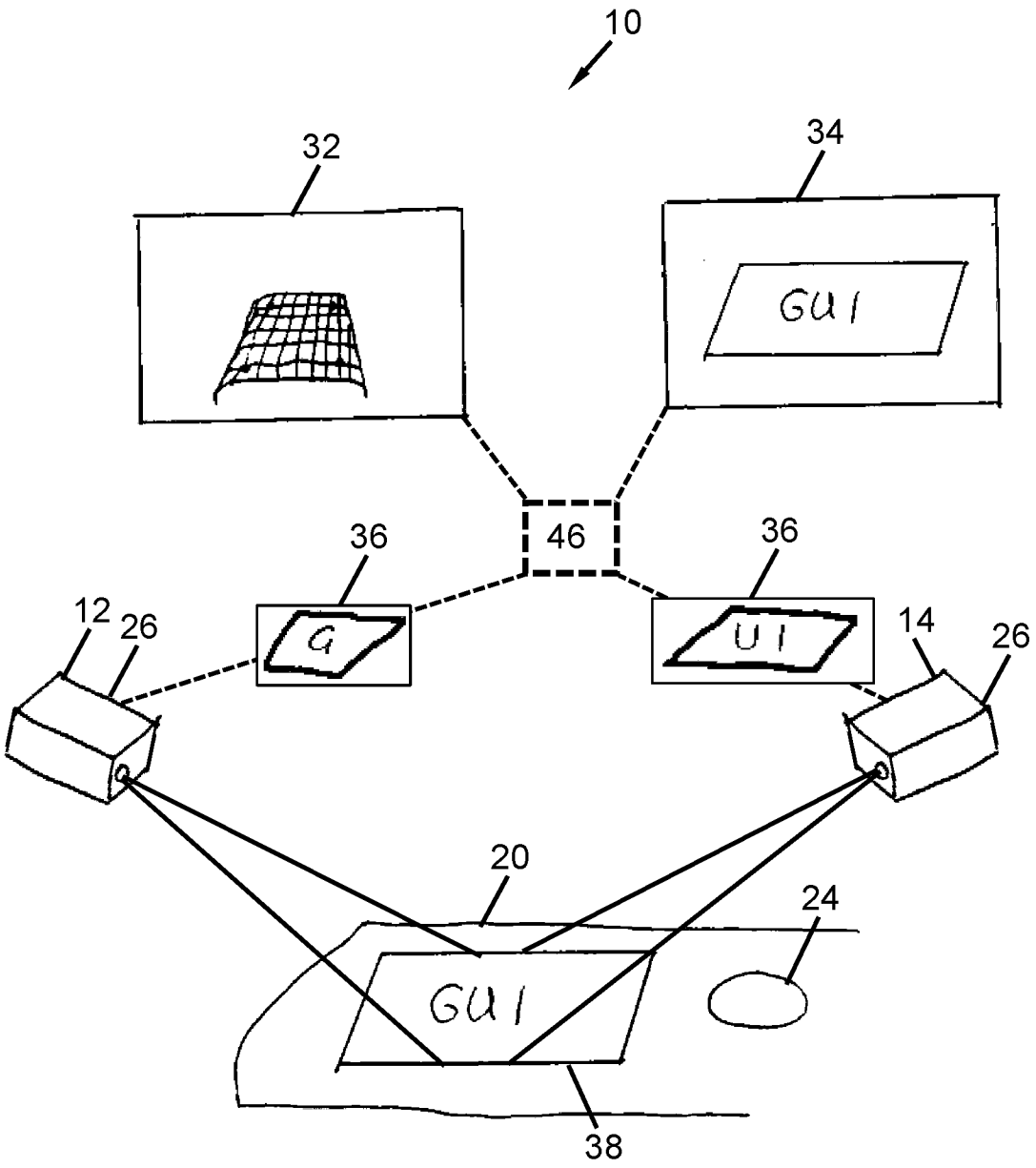


FIG. 4

 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.