



(10) **DE 10 2010 044 503 B4** 2017.11.02

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 044 503.7**
(22) Anmeldetag: **06.09.2010**
(43) Offenlegungstag: **08.03.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **02.11.2017**

(51) Int Cl.: **G02B 21/22** (2006.01)
G01N 21/64 (2006.01)
A61B 90/20 (2016.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Leica Microsystems (Schweiz) AG, Heerbrugg, CH

(74) Vertreter:
Patentbüro Paul Rosenich AG, Triesenberg, LI

(72) Erfinder:
Kuster, Manfred, Widnau, CH

(56) Ermittelter Stand der Technik:

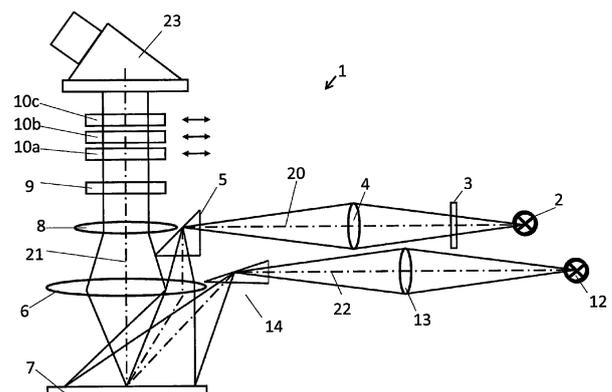
DE	10 2008 034 008	B4
DE	10 2005 005 984	A1
DE	10 2007 034 936	A1

(54) Bezeichnung: **Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop**

(57) Hauptanspruch: Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (1) zur Erkennung fluoreszierender Areale eines Objekts in einem Objektfeld (7), umfassend:

- eine erste Beleuchtungseinrichtung (2), welche in einem Anregungs-Betriebszustand das Objektfeld (7) über wenigstens einen Beleuchtungsstrahlengang (20, 22) mit Licht in einem Anregungs-Wellenlängenbereich (E) bestrahlt, und welche in einem Operations-Betriebszustand das Objektfeld (7) über den wenigstens einen Beleuchtungsstrahlengang (20, 22) mit Licht in einem Beleuchtungs-Wellenlängenbereich bestrahlt,
- einen Beobachtungsstrahlengang (21) zur Führung des vom Objektfeld (7) empfangenen Reflexions- und Emissions-Lichts und
- einen ersten Beobachtungsfilter (9) im Beobachtungsstrahlengang (21), welcher in dem Anregungs-Wellenlängenbereich (E) und in einem Emissions-Wellenlängenbereich (F) transparent ist, gekennzeichnet durch
- wenigstens ein zweites im Beobachtungsstrahlengang (21) wahlweise anordenbares Beobachtungsfilter (10a ... 10c), welches für Licht im Anregungs-Wellenlängen-Bereich zumindest teilweise absorbierend ist, zur steuerbaren Abschwächung und/oder steuerbaren Spektralvariation des für einen Beobachter sichtbaren Lichts im Anregungs-Wellenlängenbereich (E), wobei das zweite Beobachtungsfilter (10a ... 10c) für das Emissions-Licht (F) voll transparent ist,
- und dadurch, dass der ersten Beleuchtungseinrichtung (2) eine zweite Beleuchtungseinrichtung (12), welche in einem von der ersten Beleuchtungseinrichtung (2) unterschiedlichen abweichenden und/oder breiteren zweiten Wellenlängenbereich emittiert, zuschaltbar ist, oder dass

diese zweite Beleuchtungseinrichtung (12) alternativ zur ersten Beleuchtungseinrichtung (2) einschaltbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop zur Erkennung und Bearbeitung fluoreszierender Areale eines Objektfelds, umfassend eine erste Beleuchtungseinrichtung mit einer Lichtquelle, welche im Betriebszustand das Objektfeld mit Licht in einem Anregungs-Wellenlängenbereich bestrahlt, einen Beobachtungsstrahlengang zur Führung des vom Objekt im Objektfeld emittierten oder reflektierten Lichts und ein erstes Beobachtungsfiter im Beobachtungsstrahlengang, welches in erster Linie im Fluoreszenz-Wellenlängenbereich (Emissionslicht) und im Anregungs-Wellenlängenbereich wenigstens teiltransparent ist.

[0002] Im Folgenden wird die Definition einiger wichtiger Begriffe und Funktionen erläutert. Beansprucht wird ein Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop mit einer Beleuchtungseinrichtung. Letztere ist in der Regel eine Weisslicht-Beleuchtungseinrichtung und deckt das gesamte Spektrum des weissen Lichts ab, da sie in der Hauptsache zur Beleuchtung des Operationsfelds eingesetzt wird und dort während einer Operation in der Regel möglichst naturgetreu beleuchten soll. Selbstverständlich beinhaltet der unter dem Begriff Beleuchtungseinrichtung fallende Gegenstand auch wenigstens eine Lichtquelle. Er kann aber noch weitere Gegenstände, wie lichtleitende Bauteile, Schutzfilter (z. B. IR- oder UV-Filter o. dgl.) aufweisen. Letztendlich zählt für die Erfindung, dass von einer Stelle Beleuchtungslicht geliefert wird.

[0003] Das Licht der Beleuchtungseinrichtung liegt im Betriebszustand in einem regulierbaren spektralen Bereich, indem es über wenigstens ein wahlweise einbringbares Anregungsfilter für Fluoreszenzanregung verfügt (zum einschränkenden, konkretisierenden Begriff „Anregungsfilter“ wird später ausgeführt) und gegen ein zu betrachtendes Objekt bzw. auf das Objektfeld richtbar ist.

[0004] Solche Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskope bilden eine relativ neue Gattung von Operationsmikroskopen, die nach der Entwicklung von entsprechenden fluoreszenzerzeugenden Medikamenten in der jüngeren Vergangenheit geschaffen wurden (geht zurück auf etwa 1962 Kleinwasser Laryngoskopie von Kehlkopftumoren) und dem Operateur die Möglichkeit geben, Patienten bei bestimmten Operationen, wie Tumoroperationen oder angiographischen Eingriffen besser zu behandeln. Mithilfe der Fluoreszenzerscheinung werden im Objektfeld Körpergewebe sichtbar gemacht, die bis anhin dem Operateur verborgen blieben oder nur schlecht erkennbar waren.

[0005] Wie schon der Gattungsbegriff ausdrückt und wie jedem Fachmann völlig klar ist, müssen solche Operationsmikroskope somit sowohl mit einer Aus-

rüstung für die Operation wie auch mit einer Ausrüstung für die Fluoreszenzmikroskopie sowie für die Stereoskopie ausgerüstet sein, damit sie geeignet sind den Zwecken der Fluoreszenz-UND Operations-UND Stereomikroskopie zu dienen.

[0006] Diese Gattung von Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskopen verlangt bestimmte – dem Fachmann bekannte Eigenschaften und Bestandteile, die diese Eigenschaften ermöglichen. Die herkömmliche Fluoreszenzmikroskopie (existierte bereits lange vor der Schaffung von Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskopen) kennt

eine Anregungs-Lichtquelle bzw. eine Anregungs-Beleuchtungseinrichtung (Früher z. B. häufig eine Quecksilberdampflampe),

ein Anregungsfilter zur Verbesserung der Qualität des Anregungslichts (spektrale Ausfilterung von jenen Wellenlängenbereichen, die nicht oder nicht besonders gut zur Fluoreszenzanregung beitragen) und ein Sperrfilter oder Beobachtungsfiter im Beobachtungsstrahlengang des Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskops. Letzteres dient wiederum der mehr oder weniger starken Ausfilterung des Anregungslichts, da dieses ja grundsätzlich eher nicht oder wenig, die Emission der Fluoreszenzerscheinung jedoch so gut wie möglich gesehen werden soll. Je nach Art des Anregungslichts ist dieses u. U. bei längerer Einwirkung sogar schädlich für die Beobachteraugen (z. B. UV-Licht). Insbesondere dient das Beobachtungsfiter jedoch dazu, zu verhindern, dass das Anregungslicht die oftmals schwachen Fluoreszenzerscheinungen überstrahlt und derart die Qualität und vor allem die Intensität der Fluoreszenzbeobachtung beeinträchtigt. Deshalb wird das Beobachtungsfiter auch fallweise als Sperrfilter bezeichnet. Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit einer besonderen Ausführungsform eines solchen Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskops, bei der das Beobachtungsfiter für die Anregungswellenlängen wenigstens teilweise transparent ist. Es wird somit jedenfalls nicht nur das Emissionslicht der Fluoreszenzerscheinung sondern auch vom Objekt im Objektfeld reflektiertes Anregungslicht im Beobachtungsstrahlengang sichtbar. Das gegenständliche Beobachtungsfiter ist somit kein vollständiges Sperrfilter gegen Anregungslicht.

[0007] Diese besondere Ausführungsform eines Beobachtungsfilters dient dazu, dem Beobachter bzw. Chirurgen gleichzeitig nichtangeregtes, nicht fluoreszierendes Gewebe und angeregtes, fluoreszierendes Gewebe im Objektfeld sichtbar zu machen, wobei sich diese Gewebe gegeneinander – bedingt durch eine unterschiedliche Farbe kontrastieren, da die Fluoreszenzerscheinung (Emissionslicht) grundsätzlich eine andere Farbe (Lichtwellenlänge) hat wie das Anregungslicht. Erstere stammt vom Gewebe mit dem fluoreszenzerzeugenden Medikament, Zweitere stammt vom Gewebe, das selbst keine Fluores-

zenzerscheinung aufweist, weil es das fluoreszenz-erzeugende Medikament nicht oder so wenig aufgenommen hat, dass es keine messbare Fluoreszenzstrahlung absendet, wohl aber Beleuchtungslicht reflektiert.

[0008] Ein Anregungsfilter ist somit im Zusammenhang mit Fluoreszenz ein Filter, das ausschliesslich oder hauptsächlich Anregungswellenlängen passieren lässt und bei Bedarf im Beleuchtungsstrahlengang (auch Anregungsstrahlengang oder Emissionsstrahlengang bezeichnet) angeordnet wird, falls die Fluoreszenzerscheinungen angeregt bzw. optimiert werden sollen.

[0009] Ein Beobachtungsfilter ist im Zusammenhang mit Fluoreszenz ein Filter, das im Wesentlichen nur das von der fluoreszierenden Substanz/Gewebe im Objektfeld emittierte Licht (ist jeweils in einem deutlich anderen Wellenlängenbereich wie das Anregungslicht) passieren lässt und so eine optimierte Beobachtung der Fluoreszenzerscheinung ermöglicht. Das Beobachtungsfilter wird bei Bedarf im Beobachtungsstrahlengang angeordnet.

[0010] Ein Beleuchtungsfilter ist ein Filter, das der Verbesserung des Beleuchtungslichts zum Zwecke der (Nichtanregungs-)Beleuchtung eines Objektfelds dient. Beleuchtungsfilter sind im Gesamtkontext somit Filter, die gegebenenfalls das Umgekehrte wie ein Anregungsfilter machen und aus einem Lichtspektrum z. B. jene Spektralbereiche herausfiltern oder abschwächen, die eher einer Fluoreszenzanregung dienen und beispielsweise aufgrund der Auslegung der Lichtquelle überproportional zur Verfügung stehen, für die Beleuchtung selbst aber wenig beitragen oder sich dort störend auswirken könnten. Jedes Beleuchtungsfilter in jeder Beleuchtungseinrichtung dient schlussendlich der Optimierung des Beleuchtungslichts. Im gegenständlichen Fall können somit gegebenenfalls für den Operationsfall Beleuchtungsfilter vor die Beleuchtungseinrichtung bzw. vor die Lichtquelle gesetzt werden, während im Anregungsfall Anregungsfilter an deren Stelle treten. Ein typisches Beleuchtungsfilter ist beispielsweise ein Weisslicht-Beleuchtungsfilter (oft verkürzt angegeben mit: Weisslichtfilter). Es ist so ausgelegt, aus dem Gesamtspektrum des zur Verfügung stehenden Lichts aus der jeweiligen Beleuchtungseinrichtung möglichst weisses Licht (optimierte Mischung aller Spektralfarben bzw. Lichtwellenlängen) auf das Objektfeld durchzulassen. Ein Beleuchtungsfilter kann je nach Ausgestaltung des Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop entferntbar oder fix in im Beleuchtungsstrahlengang angeordnet sein. Umfasst die Beleuchtungseinrichtung beispielsweise zwei Lichtquellen, eine für Anregungslicht und eine für Weisslicht, so kann das Beleuchtungsfilter permanent vor der Weisslichtquelle angeordnet sein. Gibt es jedoch nur

eine Lichtquelle, kann das Beleuchtungsfilter mit dem Anregungsfilter auch austauschbar sein.

[0011] Ein Fluoreszenz-Mikroskop ist ein Mikroskop, das zur Betrachtung von Fluoreszenzerscheinungen geeignet ist und dafür im Besonderen eine Anregungs-Lichtquelle bzw. eine Anregungs-Beleuchtungseinrichtung mit einem Anregungsfilter und ein Beobachtungsfilter im Strahlengang aufweist.

[0012] Ein Operationsmikroskop ist ein Mikroskop mit relativ geringer Vergrößerung, mit einem in der Regel dreidimensionalen stereoskopischen Strahlengang und mit einer Operationsmikroskop-Beleuchtung zur möglichst naturnahen, lichtstarken Beleuchtung (Weisslicht) des Objektfelds.

[0013] Ein Stereomikroskop ist ein Mikroskop mit binokularem Strahlengang vom Hauptobjektiv bis zu den Okularen. Es erlaubt dem Beobachter eine dreidimensionale Betrachtung des Objektfelds und somit das Erkennen von dreidimensionalen Strukturen.

[0014] Die Erfindung bezieht und beschränkt sich zunächst auf eine Kombination aller dieser Mikroskop-Arten zu einem mikroskopischen Strahlengang, der zum einen der Operation und zum anderen der Fluoreszenzbeobachtung dient, weshalb die Anregungs- und Beobachtungsfilter bei solchen Operationsmikroskopen wahlweise einsetz- und entferntbar sind. Die Patentansprüche sind jedoch breit auszulegen, sodass auch andere Vergrößerungs-Vorrichtungen wie z. B. Laparoskope darunter fallen, sofern sie für die Operation und für Fluoreszenzbeobachtung gleichermaßen dienen und entsprechend einsetzbar sind. Es gilt der technische Inhalt der Patentansprüche als Offenbarung im Rahmen der Beschreibungseinleitung.

[0015] Dem Fachmann ist die Wirkungsweise der Fluoreszenzmikroskopie und die Fluoreszenzwirkung am Gewebe bekannt (vgl. z. B. US-6 510 338 B1 Spalte 1 Zeile 38–49 und 60–62) Er weiss auch über den grundsätzlichen Aufbau Bescheid, bei dem meistens eine Beleuchtungseinrichtung mit grosser Bandbreite (Weisslicht) eingesetzt wird, um grundsätzlich Licht im Fluoreszenzanregungsbereich zur Fluoreszenzanregung zur Verfügung zu stellen (US-6 510 338 B1 Spalte 2 Zeile 32–33 und Anspruch 1 Zeile 4–5 und Anspruch 4 Zeile 54–55). Dabei wird ein Filtersystem benutzt, das ein Anregungsfilter im Beleuchtungsstrahlengang und ein Beobachtungsfilter im Beobachtungsstrahlengang einsetzt. Auch die Auswahl der Filter und deren Zweck in Kombination bzw. Relation zueinander sind dem Fachmann bekannt und in dieser Publikation US-6 510 338 B1 wiedergegeben. Das Anregungsfilter lässt aus dem breitbandigen Licht der Lichtquelle nur jenes passieren und auf das Objektfeld gelangen, das dort die Fluoreszenz anregt. Das Beobachtungsfilter blockt

dann wiederum das Anregungslicht und lässt nur das Licht der Fluoreszenzerscheinung passieren. (Alles alte Prinzipien der Fluoreszenzmikroskopie; US-6 510 338 B1 Spalte 2 Zeile 38–49). Auch die Zeichnungen von US-6 510 338 B1 d deren Figurenbeschreibung unterstützen diese Angaben (US-6 510 338 B1 Spalte 6 Zeile 4–9).

[0016] Auch DE-195 48 913 A1 enthält ähnliche Angaben zur Fluoreszenzbeobachtung bzw. photodynamischen Diagnose (PDD) mit Weisslicht (wenigstens 370–780 nm), einem Anregungs-Filter im Beleuchtungsstrahlengang und einem BeobachtungsfILTER im Beobachtungsstrahlengang für das Fluoreszenzspektrum (vgl. DE-195 48 913 A1 Abstrakt und Spalte 3 Zeile 3–14))

[0017] Hinsichtlich der Begriffe Beleuchtungskörper, Beleuchtungsquelle, Beleuchtungseinrichtung, wie sie in der Praxis und in Patentanmeldungen verwendet werden, hat der Fachmann keine Mühe, deren synonyme Bedeutung zu erkennen. Im Wesentlichen geht es in der Regel darum, das angebotene Licht für eine starke Fluoreszenzanregung und/oder für eine optimale Operationsbeleuchtung einzusetzen.

[0018] Die EP 1 691 229 A1 offenbart eine Beleuchtungseinrichtung die aus zwei verschiedenen Beleuchtungseinrichtungen zusammengesetzt ist, die gemeinsam einzusetzen sind, um jeweils lichtverstärkend zu wirken. Da beide Beleuchtungseinrichtungen aber zur Verstärkung voneinander bei der Fluoreszenz Anregungsbeleuchtung eingesetzt werden sollen, ist denklogisch, dass jener Spektral-Bereich des Lichtspektrums, den beide Beleuchtungseinrichtungen grundsätzlich und zwingend gemeinsam haben müssen, der Fluoreszenz-Anregungsbereich ist. Die Bereichsbreite der beiden Spektralbereiche mögen und soll gemäss der EP 1 691 229 A1 unterschiedlich sein, solange sie jedoch den Fluoreszenz-Anregungsbereich gemeinsam haben. Für Rotlichtfluoreszenz z. B. wird die zweite Beleuchtungseinrichtung daher bevorzugt optimiert im Bereich rotes bis IR-Licht abstrahlen. Für Blaulichtfluoreszenz wird die zweite Beleuchtungseinrichtung demgegenüber eher im Blaulichtbereich bis UV-Licht spektral schwergewichtig sein, während in beiden Fällen die erste Beleuchtungseinrichtung für Weisslicht optimiert ist.

[0019] Für die erfindungsgemässe Auslegung der vorliegenden Patentanmeldung ist es vom Schutzbereich des Hauptanspruchs her sekundär, ob das Licht aus einer Lichtquelle, einer Beleuchtungsquelle, aus einem Beleuchtungskörper, aus einer einzigen Beleuchtungseinrichtung oder aus mehreren Beleuchtungseinrichtungen stammt.

[0020] Unter regulierbarem spektralen Bereich ist ein Bereich zu verstehen ist, der durch die Anre-

gungsfilter in seinen spektralen Eigenschaften eingeschränkt (und damit – je nach Wahl des Anregungsfilters – reguliert) werden kann. Zum einen durch die Auswahl von Anregungsfiltern und zum anderen durch den Einsatz oder die Entfernung dieser Anregungsfilter.

[0021] Dies alles ist dem gegenständigen Fachmann geläufig, wenn er sich gedanklich mit Fluoreszenz-Operationsmikroskopie beschäftigt.

[0022] Als Nachweis für die Bekanntheit dieser Tatsachen beim Fachmann dienen u. a. die erwähnten folgenden Dokumente: US 6 510 338 B1 und DE 195 48 913 A1.

[0023] Wie dem Fachmann weiter bekannt ist, arbeiten die heute gebräuchlichen Standard-Fluoreszenzmikroskope nach dem Auflichtprinzip. Das bedeutet, dass das Präparat von oben durch das Objektiv, das gleichzeitig als Kondensor fungiert, beleuchtet wird. Als Lichtquelle, welche die Anregungswellenlänge des gewählten Fluorochroms enthalten muss, werden heute meist Quecksilberhöchstdrucklampen zwischen 50 und 400 Watt Leistung oder entsprechend leistungsfähige Xenon-Leuchten verwendet. Diese liefern ein breites Spektrum von nutzbaren Wellenlängen zwischen 360 nm und 700 nm. Aus dem gesamten Beleuchtungsspektrum wird zuerst mittels eines Eingangsbandfilters (Anregungsfilters) die anregende Wellenlänge des gewählten Fluorochroms herausgefiltert. Die Anregungsstrahlung gelangt auf einen dichromatischen Strahlenteiler. Dieser reflektiert das Erregerlicht von kleiner Wellenlänge und ist gleichzeitig durchlässig für das längerwellige Licht der Emissionsstrahlung. Die Anregungsstrahlung gelangt durch das Objektiv auf das Präparat und regt das Fluorochrom an, welches daraufhin längerwelliges Licht emittiert. Dieses passiert den dichromatischen Strahlenteiler und trifft auf den Ausgangsperrfilter (Emissionsfilter). Dieser filtert die gewünschte Emissionswellenlänge des Fluorochroms, das eigentliche Fluoreszenzbild. Das Fluoreszenzbild kann entweder durch das Okular betrachtet oder mit einer Foto- oder Videokamera aufgezeichnet werden."

[0024] Die oben erwähnte Patentanmeldung DE 102 52 313 A1 mit Prioritätsdatum aus dem Jahr 2002 gibt dabei im Absatz 008 eine Beleuchtungseinrichtung an, „die ferner eine Beleuchtungseinrichtung zur Bereitstellung von Licht in wenigstens einem zweiten Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts, der das Fluoreszenzspektrum im Wesentlichen nicht umfasst und der einen Teilwellenlängenbereich umfasst, welcher den Anregungswellenlängenbereich nicht umfasst."

[0025] Bei diesem Stand der Technik geht es somit um eine Art Falschfarbenbeleuchtung, die eben-

so helfen soll, aus dem Kontrast zwischen Emissionslicht und Reflexionslicht eine Diagnose- oder Orientierungsunterstützung für die Operation zu erlangen.

[0026] Bekannt sind weiter: die DE 10 2008 034 008 B4 gibt an: Einen Filtersatz zur Beobachtung von Fluoreszenzstrahlung in biologischem Gewebe mit wenigstens einem Beleuchtungsfiler und wenigstens einem Beobachtungsfiler Das wenigstens eine Beleuchtungsfiler ist in einem Beleuchtungssystem eines optischen Systems anordenbar und weist einen ersten Wellenlängen-Durchlassbereich sowie einen ersten Wellenlängen-Sperrbereich für längere Wellenlängen (λ) als im ersten Wellenlängen-Durchlassbereich auf. Das wenigstens eine Beobachtungsfiler ist in einem Abbildungssystem des optischen Systems anordenbar und weist einen zweiten Wellenlängen-Durchlassbereich für längere Wellenlängen (λ) als im ersten Wellenlängen-Durchlassbereich des wenigstens einen Beleuchtungsfilters sowie einen zweiten Wellenlängen-Sperrbereich für kürzere Wellenlängen (λ) als im zweiten Wellenlängen-Durchlassbereich auf. Die DE 10 2005 005 984 A1 gibt an: Ein Mikroskop, das eine Beleuchtungsquelle aufweist, deren Licht in einem Betriebszustand in einem steuerbaren Spektralbereich liegt und auf ein zu untersuchendes Objekt fokussiert ist. Eine zusätzliche Beleuchtungseinrichtung ist vorgesehen, deren Licht im Betriebszustand liegt und im gleichen Spektralbereich steuerbar ist. Der Spektralbereich des Gerätes liegt in dem von der Vorrichtung abweichenden Spektralbereich.

[0027] Vorrichtungen zur Erkennung fluoreszierender Areale sind beispielsweise in der Bauform eines Fluoreszenzmikroskops oder in der Form eines Fluoreszenzendoskops bekannt. Bei beiden wird, wie schon oben angegeben, die Tatsache ausgenützt, dass sich eine fluoreszierende Substanz in bestimmten Arealen eines Objekts stärker anreichert als in anderen Arealen. Durch Bestrahlung mit geeignetem Anregungslicht beginnen die stärker angereicherten Areale zu leuchten, sie fluoreszieren bzw. senden aktiv Licht bei der Emissionswellenlänge aus. Dieses Licht kann unter bestimmten Voraussetzungen – wie oben angegeben – wahrgenommen werden.

[0028] Im Folgenden wird die Anwendung des Effekts anhand eines Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskops für den medizinischen Bereich erläutert. Selbstverständlich sind die Erläuterungen aber nicht auf die Anwendung im medizinischen Bereich und auf den der medizinischen Operations-Mikroskopie bzw. auf reine Operationsmikroskope beschränkt – wie schon oben angegeben ist.

[0029] Fluoreszenz-Operationsmikroskope werden schon seit einiger Zeit beispielsweise bei der Resektion von Tumoren eingesetzt. Dazu wird dem Patienten ein Photosensibilisator beziehungsweise ein pho-

todynamisches Medikament, z. B. ALA (Amino Levulinic Acid = Aminolävulinsäure) oder mTHPC (meso-Tetra-HydroxyPhenyl-Chlorin), verabreicht. Dieser Photosensibilisator reichert sich in Tumorgewebe in ca. 2-bis 15-fach höherer Konzentration an als in gesundem Gewebe. Diese selektive Anreicherung im Tumorgewebe stellt wegen der Fluoreszenzfähigkeit des Medikaments die entscheidende Grundlage für eine effiziente Resektion des Tumorgewebes dar, bei welcher der Tumor nach Möglichkeit vollständig, das gesunde Gewebe aber nicht entfernt wird.

[0030] Zur Diagnose oder für die Operation wird das zu untersuchende Gewebe nach geeigneter Wartezeit nach Verabreichung des Photosensibilisators mit blauem bzw. violettem Licht oder UV-nahem Licht bestrahlt. Der Photosensibilisator, der im Tumorgewebe aufgrund der höheren Verstoffwechslung in einer erhöhten Konzentration vorliegt, wird durch dieses Licht angeregt und weist anschließend eine typische Rotfluoreszenz auf und beginnt unter dem Anregungslicht zu fluoreszieren. Typischerweise beginnt der Tumor unter der Beleuchtung rot oder rosa zu leuchten und hebt sich dadurch optisch vom gesunden Gewebe ab (vgl. EP 1 691 229 A1).

[0031] Neben der oben beschriebenen Fluoreszenz kann gegebenenfalls auch eine sogenannte Autofluoreszenz des Gewebes ausgelöst werden. Diese kommt durch körpereigene Fluoreszenzfarbstoffe zustande, wobei die Anregung meistens durch eher kurzweiliges, blaues bzw. UV-nahes Licht erfolgt.

[0032] Neben der gezielten Markierung von Tumoren und Geweben kann die Fluoreszenz-Operationsmikroskopie auch dazu dienen, Blutgefäße sichtbar machen, indem dem Patienten wie oben beschrieben ebenso eine fluoreszierende Substanz verabreicht wird, die dann durch die Blutgefäßwände angeregt bzw. gesehen werden kann. Auf diese Weise können auch feinste Blutgefäße lokalisiert werden, was insbesondere dann hilfreich ist, wenn Blutgefäße abgeklemmt werden oder eben nicht verletzt werden sollen. In diesem Zusammenhang ist die Fluoreszenz-Operationsmikroskopie auch insbesondere zur Überprüfung eines Bypasses vorteilhaft. Dafür wird häufig die Infrarot-Angiographie eingesetzt, bei der Licht aus dem NIR-Bereich (naher Infrarot-Bereich) zur Anregung verwendet wird, um dann das Objektfeld in einem anderen Spektralbereich zu beobachten.

[0033] Andere Anwendungen machen von (nicht sichtbarem) UV-Licht (Ultraviolett) Gebrauch. Andere Spektralbereiche zwischen Ultraviolett zu Blaulicht und von dort zu Rot und bis zum fernen Infrarot sind je nach eingesetzten fluoreszenzanregenden Materialien ebenfalls sinnvoll einsetzbar.

[0034] Fluoreszenz-Operationsmikroskope weisen im Allgemeinen eine Beleuchtungseinrichtung und ei-

ne lichtführende Einheit (Beleuchtungsstrahlengang) auf, die das Licht der Beleuchtungseinrichtung ins Objektfeld des Mikroskops bzw. auf den zu diagnostizierenden oder zu behandelnden Gewebebereich des Objekts im Objektfeld richtet. Weiterhin umfasst das Fluoreszenz-Operationsmikroskop eine bildgebende beziehungsweise bilderfassende Einheit (Beobachtungsstrahlengang), welche das von dem Gewebebereich reflektierte, beziehungsweise dort über die Fluoreszenz erzeugte Licht in einer Zwischenbildebene abbildet. In einem Operationsmikroskop können auch mehrere Zwischenbildebenen vorgesehen sein, z. B. zur Betrachtung mit Okularen oder zur Abbildung auf eine Dokumentationseinrichtung, Sensor, Chip o. dgl.

[0035] Die lichtführende Einheit wird im Folgenden als „Beleuchtungsstrahlengang“ bezeichnet, wohingegen die bildgebende bzw. bilderfassende Einheit, welche das vom Objektfeld empfangene Licht einem Beobachteraue bzw. Beobachteraugen zuführt und aufbereitet, als „Beobachtungsstrahlengang“ bezeichnet wird.

[0036] Die lichtführende Einheit kann im Beleuchtungsstrahlengang auch Lichtwellenleiter zur Führung des auf das zu untersuchende Objektfeld ausgestrahlten Lichts umfassen. Insbesondere bei externen, nicht im Operationsmikroskop integrierten Beleuchtungseinrichtungen und bei Endoskopen o. dgl. ist das die Regel. Bei Operationsmikroskopen werden solche Beleuchtungseinrichtungen mit Lichtwellenleitern häufig eingesetzt, da durch diese die heisse und relativ schwere Lichtquelle vom Mikroskopkörper entfernt angebracht sein kann.

[0037] Der Beobachtungsstrahlengang umfasst in der Regel einen Binokulartubus mit Okularen und/oder wenigstens eine Videokamera an einem Videoausgang.

[0038] Auf dem Gebiet der Fluoreszenz-Operationsmikroskopie ist aus dem Stand der Technik beispielsweise die DE 10 2007 034 936 A1 bekannt, die eine stereoskopische Lupenbrille (Im Sinne der Erfindung eine Vergrößerungsvorrichtung für Operation und Fluoreszenzbeobachtung) darstellt. Die Lupenbrille umfasst zwei monokulare Beobachtungsstrahlengänge, die, da sie brillenförmig angeordnet sind, im Sinne der Erfindung zusammen einen Binokularen stereoskopischen Beobachtungsstrahlengang bilden. Zwischen den beiden monokularen Beobachtungsstrahlengängen ist eine Beleuchtungseinrichtung angeordnet, die das Objektfeld bzw. das beobachtete Objekt über einen Beleuchtungsstrahlengang bzw. Anregungsstrahlengang beleuchtet. Im Anregungsstrahlengang ist ein erstes optisches Filter vorgesehen, welches im Wesentlichen nur im Anregungs-Wellenlängenbereich transparent ist. Weiterhin ist im Beobachtungsstrahlengang mindestens

ein weiteres optisches Filter vorgesehen, welches im Fluoreszenz-Wellenlängenbereich transparent ist, und zuzüglich lediglich eine reduzierte Transparenz im Anregungs-Wellenlängenbereich aufweist, sodass der das fluoreszierende Areal umgebende Bereich prinzipiell – mittels Anregungslicht beleuchtet und dieses reflektierend – sichtbar ist.

[0039] Weiterhin offenbart die EP 930 843 B1 eine Vorrichtung zur photodynamischen Diagnose, bei der die spezielle Ausgestaltung von Anregungsfiltern im Beleuchtungsstrahlengang und/oder von Beobachtungsfiltern im Beobachtungsstrahlengang angegeben werden. Insbesondere die **Fig. 2–Fig. 4** zeigen dort herkömmliche Kombinationen von Anregungsfiltern und Beobachtungsfiltern, die im jeweiligen Überschneidungsbereich der Filterwirkung dieser Filter, also im Bereich in dem sich die Transmissionskurven (Transmissionskurven) der Filter kreuzen, verständlich machen, dass dort Lichtwellen aus dem Anregungsfilter auch das Beobachtungsfilter passieren können, allerdings zum Teil absorbiert werden und so auf einem niedrigen Niveau bzw. mit geringer Helligkeit für die Beleuchtung des Objektfelds zur Verfügung stehen. Solche bekannten Filter könnten typischerweise bei der Erfindung als Anregungsfilter und erstes Beobachtungsfilter eingesetzt werden. Eine alternative Filterkombination ist in **Fig. 2a** der DE 195 48 913 A1 abgebildet, die ebenso auch bei der vorliegenden Erfindung als Basiskonstruktion einsetzbar ist.

[0040] Ein anderer Aufbau aus dem Stand der Technik zeigt eine elektronisch rückgekoppelte Einstellung des Beleuchtungslichts über eine Auskopplung von Bildinformation aus dem Objektfeld über einen Rechner und ein elektrisch verstellbares Filterrad (**Fig. 1** der DE 102 52 313 A1).

[0041] Nachteilig an allen bekannten Systemen ist, dass sie im Objektfeld ein unveränderliches Kontrastverhältnis aufweisen, d. h. dass das Verhältnis zwischen der Reflexion des Anregungslichts aus der Anregungsbeleuchtung am Gewebe im Objektfeld und der sichtbaren Emission der fluoreszierenden Substanzen bzw. Gewebeteile (die Fluoreszenz-Antwort) über einen weiten Helligkeits-Intensitätsbereich der Beleuchtungsstärke aus der Beleuchtungseinrichtung im Wesentlichen konstant ist. Wird z. B. eine blaue Anregungs-Beleuchtungseinrichtung und als Photosensibilisator ALA benutzt und erfolgt die Fluoreszenzantwort somit im roten Spektralbereich, dann ist z. B. der rot markierter Tumor in seinem blau ausgeleuchteten Umfeld im Objektfeld stets mit einem konstanten Kontrast (relativ gleich gut zu unterscheiden) zu sehen, unabhängig von der Intensität des Anregungslichts aus der Beleuchtungseinrichtung. Dieses Kontrastverhältnis wird in der Regel basierend auf einem standardisierten Operationsumfeld festgelegt, sodass es für die Mehrzahl der Anwender

und für die Mehrzahl der Anwendungen ein Optimum darstellt.

[0042] In der Praxis gibt es jedoch eine Vielzahl von äusseren Einflussfaktoren, welche zu einer Reduktion dieses Kontrasts führen können. So haben z. B. die Umgebungsbeleuchtung im Operationssaal, die Art des umgebenden Gewebes, die Art der Tumorzellen, die Dosierung des Photosensibilisators, die Art des angereicherten Gewebes, die aktuelle Stoffwechslung des Patienten usw. einen Einfluss auf den Kontrast. Auch die subjektive Wahrnehmung der verschiedenen Anwender bzw. Chirurgen kann – z. B. auch hinsichtlich deren Farbsichtigkeit und Tagesverfassung sowie deren subjektiven Beobachtungsbedarfs unterschiedlich sein. So wünschte sich der eine Arzt eine bessere Orientierung im Operationsfeld, was einer zur Intensität der Emission relativ stärkeren Hintergrundbeleuchtung (Reflexion von Anregungslicht) und damit einem geringeren Kontrast gegenüber dem fluoreszierenden Areal entspricht; ein anderer Arzt legte das Augenmerk wieder auf eine optimale Erkennbarkeit des Tumorgewebe, was – wie der Erfinder erkannte – einem stärkeren Kontrast zwischen Hintergrundbeleuchtung und fluoreszierendem Areal bzw. einem stärkeren Intensitätsunterschied zwischen Emission und Reflexion entspricht.

[0043] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein verbessertes Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop zur Erkennung fluoreszierender Areale eines Objektfelds anzugeben, insbesondere eine, welche die Variierung des Kontrasts zwischen reflektierter Hintergrundbeleuchtung (Reflexionslicht bzw. Hintergrundlicht) und dem Emissionslicht des fluoreszierenden Areals erlaubt.

[0044] Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe durch ein Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop der eingangs genannten Art gelöst, welches zusätzlich im Beobachtungsstrahlengang angeordnete Mittel zur steuerbaren Abschwächung der Beobachtungintensität im Anregungs-Wellenlängenbereich umfasst, wobei im Beobachtungsstrahlengang vor oder hinter dem Beobachtungsfilter wenigstens ein zweites Beobachtungsfilter mit – hinsichtlich der Transmission für die Anregungswellenlängen – gleicher oder unterschiedlicher Filtereigenschaft wie das erste Beobachtungsfilter, jedoch mit voller Transmission für das Emissionslicht wahlweise einsetz- und entfernbar ist.

[0045] Dadurch wird erreicht, dass das vom Anwender wahrgenommene Hintergrundlicht, also das vom Gewebe des Objekts im Objektfeld reflektierte Anregungslicht variiert werden kann, ohne dass die Intensität des insgesamt auf das zu untersuchende Objektfeld auftreffenden Lichts und damit einhergehend die Intensität des aufgrund des Effekts emittierten Lichts der Fluoreszenzerscheinung abgeschwächt werden

würde. Wie schon oben angegeben könnten bei der Erfindung als Anregungsfilter und erstes Beobachtungsfilter auch Filter entsprechend den **Fig. 2–Fig. 4** der EP 930 843 B1 eingesetzt werden, wobei bevorzugt auch erste Beobachtungsfilter mit einem weiter in den kurzwelligen Bereich verschobener Transmissionskurve mit Vorteil einsetzbar wären. Der Spielraum der Kontrasteinstellung wäre damit erhöht. Die erfindungsgemässe Kombination eines ersten Beobachtungsfilters mit einem zweiten Beobachtungsfilter könnte im Ergebnis dann beispielsweise wieder ganz genau die gleiche Transmissionskurve des in der EP 930 843 B1 dargestellten Beobachtungsfilters ergeben.

[0046] Die Erfindung umfasst selbstverständlich auch die technische Umkehr dieses Aufbaus, nämlich dass im Beobachtungsstrahlengang vor oder hinter dem ersten Beobachtungsfilter wenigstens ein zweites Beobachtungsfilter mit – hinsichtlich der Transmission für das Emissionslicht bzw. die Emissionswellenlängen – gleicher oder unterschiedlicher Filtereigenschaft wie das erste Beobachtungsfilter, jedoch mit voller Transmission für das Anregungslicht wahlweise einsetz- und entfernbar ist. In der Praxis ist jedoch die schwache Intensität der Emission das Problem, weshalb diese technische Umkehr eine geringere Bedeutung haben wird.

[0047] Erfindungsgemäss kann also der Kontrast zwischen dem fluoreszierenden Areal und seiner mit dem Anregungslicht ausgeleuchteten Umgebung (Hintergrund) beeinflusst werden. Dennoch kann die Anregungs-Beleuchtungseinrichtung relativ leistungsschwach ausgeführt werden, da im Beleuchtungsstrahlengang selbst keine Vorrichtung zur Abschwächung deren Lichts im Anregungs-Wellenlängenbereich vorgesehen werden muss. Einhergehend mit dem geringeren Energieverbrauch der Anregungs-Beleuchtungseinrichtung ist auch eine geringere thermische Belastung der erfindungsgemässen Vorrichtung. Diese Beleuchtungseinrichtung kann daher bei der Erfindung vergleichsweise kompakt aufgebaut sein.

[0048] Vorteilhaft sind die Anwender einer erfindungsgemässen Vergrösserungs-Vorrichtung, welche als Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop oder als Endoskop ausgeführt ist, nicht an Standardvorgaben gebunden, sondern können nun neu den Kontrast zwischen dem fluoreszierenden Areal und seiner Umgebung individuell einstellen, ohne auf die Fluoreszenz selbst einzuwirken. Auf diese Weise ist es nun einerseits möglich, Unterschiede in der subjektiven Wahrnehmung der verschiedenen Anwender, andererseits aber auch objektiv vorhandene Einflüsse, wie z. B. die bereits erwähnte Umgebungsbeleuchtung im Operationssaal, die Art des umgebenden Gewebes, die Art der fluoreszierenden Tumorzellen

zellen, die Dosierung des Photosensibilisators, usw. auszugleichen.

[0049] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie aus der Beschreibung in Zusammenschau mit den Figuren der Zeichnung, bzw. sind durch sie geoffenbart.

[0050] Die Abschwächungsmittel für das reflektierte Hintergrundlicht sind gemäss Anspruch 2 durch zumindest ein zusätzliches zuschaltbares Beobachtungsfilter gebildet, welches – wie schon erwähnt – in dem Anregungs-Wellenlängenbereich zumindest teilweise absorbierend ist. Ein zuschaltbares Beobachtungsfilter mit reduzierter Transmission für die Anregungswellenlänge ist ein besonders einfaches Mittel zur Abschwächung des vom Objektfeld empfangenen Lichts im Anregungs-Wellenlängenbereich. Die Erfindung kann solcherart besonders einfach in die Praxis umgesetzt werden. Das Zuschalten eines zweiten Beobachtungsfilters oder mehrerer solcher zusätzlicher Beobachtungsfilter kann dabei manuell oder motorisch, sowie entweder von einem Anwender initiiert oder automatisch erfolgen. Als besonders praxistauglich hat sich eine Anordnung erwiesen, bei der das zweite Beobachtungsfilter bei Bedarf mit Hilfe eines Fusschalters zuschaltbar ist.

[0051] Vorteilhaft ist es auch, wenn mehrere zusätzliche Beobachtungsfilter vorgesehen sind, welche im Anregungs-Wellenlängenbereich unterschiedliche wellenlängenabhängige (spektrale) Transmission aufweisen. Auf diese Weise können verschiedene Farb- und Helligkeits-Abschwächungen des vom Objektfeld empfangenen Hintergrund-Lichts im Anregungs-Wellenlängenbereich erzielt werden. Dabei wird zum Beispiel ein zweiter Beobachtungsfilter aus einem Satz von mehreren zusätzlichen Beobachtungsfiltern in den Strahlengang eingeschwenkt. Selbstverständlich können auch mehrere solcher Filter gleichzeitig zugeschalten bzw. eingeschwenkt werden, um entsprechende kumulative Absorption und damit im Einzelfall eine optimale Spektrale und/oder Helligkeitsregelung für die sichtbare Hintergrundbeleuchtung bzw. für das sichtbare Hintergrundlicht zu erreichen.

[0052] Besonders vorteilhaft ist es, wenn mehrere zusätzliche Beobachtungsfilter vorgesehen sind, welche im Anregungs-Wellenlängenbereich jeweils eine gleiche Transmission aufweisen. Die Absorption der derart kombinierten Filter ist somit eine lineare Funktion über die Anzahl der eingeschwenkten zusätzlichen Beobachtungsfilter. Gleiche Filter lassen sich zudem besonders rationell und kostengünstig herstellen.

[0053] Besonders vorteilhaft ist es zudem, wenn das erste Beobachtungsfilter als Interferenzfilter und/oder

das zumindest zweite Beobachtungsfilter als einfaches -Farbglasfilter ausgebildet ist. Auf diese Weise kann das erfindungsgemässe Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop besonders kostengünstig hergestellt werden, denn Farbglasfilter sind wesentlich leichter herzustellen als Interferenzfilter und weisen deshalb auch wesentlich geringere Herstellungskosten auf als Interferenzfilter. Unter Farbglasfilter sind im Sinne der Erfindung auch Kunststofffilter, Folienfilter dgl. zu verstehen, die jeweils durch ihre in der Masse vorhandene Farbe die Filterung bewirken. Die durch die Erfindung entstehenden Zusatzkosten sind bei dieser Ausführung somit äußerst gering, bzw. kann dem Anwender für gleichen Aufwand eine grössere Vielzahl von Variationsmöglichkeiten zur Verfügung gestellt werden.

[0054] Erfindungsgemäss ist der ersten Beleuchtungseinrichtung eine zweite Beleuchtungseinrichtung, welche Licht hauptsächlich in einem vom Wellenlängenbereich der ersten Beleuchtungseinrichtung unterschiedlichen Wellenlängenbereich aussendet, der sich lediglich im Bereich des Anregungswellenlängenbereichs überschneidet, zuschaltbar. Auf diese Weise kann beispielsweise die Hintergrundbeleuchtung des Objektfelds farblich und/oder in seiner Helligkeit variiert werden.

[0055] Häufig erfolgt die Anregungs-Bestrahlung des Objektfelds mit Blaulicht. Ist das Objekt gegebenenfalls orange (Komplementärfarbe von Blau) so absorbiert es in der Regel das blaue Licht und erscheint das Objekt im Objektfeld (ohne Fluoreszenzwirkung) schwarz. Strukturen in den nicht fluoreszierenden Arealen sind daher – wenn überhaupt – nur sehr schlecht zu erkennen. Abhilfe kann hier schaffen, wenn Licht in einem anderen sichtbaren Bereich dem Anregungslicht zugemischt wird. Wird beispielsweise Weisslicht oder gelbes Licht hinzugemischt, so werden die Strukturen der die fluoreszierenden Areale umgebenden Teile des Objektfelds wieder besser sichtbar. Unter Umständen erhöht sich dadurch auch – wenigstens subjektiv – der Kontrast zwischen dem fluoreszierenden Gewebe und dem rein reflektierenden Gewebe. Dies deshalb, weil eine Mischung von blauem und gelbem Licht Grün ergibt und Grün zu Rot für normalsichtige Personen einen an sich guten Kontrast erzeugt.

[0056] Dies berücksichtigend können in besonderen Ausgestaltungsvarianten die ersten und/oder die zusätzlichen Beobachtungsfilter so ausgestaltet sein, dass sie in Kombination oder und/oder alleine für die entsprechenden mehrbandigen Spektralbereiche transparent sind. Alternativ kann im Falle von zwei Beleuchtungseinrichtungen, die beide gleichzeitig auf das Objektfeld gerichtet sind, auch die eine Beleuchtungseinrichtung für das Anregungslicht optimiert sein und die andere Beleuchtungseinrichtung für die Hintergrundbeleuchtung.

[0057] Besonders vorteilhaft ist zudem ein erfindungsgemässes Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop, umfassend:

- elektronische, videogestützte Mittel zum Auswerten des vom Objektfeld in den Beobachtungsstrahlengang abgestrahlten Lichts hinsichtlich des Kontrastes zwischen reflektierten Lichtanteilen (im Anregungs-Wellenlängenbereich) und im Fluoreszenz-Wellenlängenbereich emittierten Lichtanteilen (Kontrastermittlung zwischen Emissionslicht und Reflexionslicht) und
- elektronisch gesteuerte Mittel zum automatischen Ansteuern der Abschwächmittel – d. h. zum automatischen, elektromechanischen Zuschalten, Wegnehmen oder Auswechseln von zusätzlichen Beobachtungsfiltren derart, dass ein vorgebarbarer Kontrast automatisch gesteuert erreicht wird.

[0058] Bei dieser Variante der Erfindung wird das vom Objektfeld empfangene Licht, zum Beispiel blaues Anregungslicht und rotes Fluoreszenzlicht hinsichtlich des Kontrasts zwischen den beiden Lichtarten ausgewertet. Dominiert beispielsweise das reflektierte Anregungslicht gegenüber dem emittierten Fluoreszenzlicht, so wird automatisch ein (gegebenfalls stärkeres) zweites Beobachtungsfilter zugeschaltet, das mehr Anregungslicht aus dem Beobachtungsstrahlengang filtert, um das Kontrastverhältnis zu verbessern.

[0059] Desgleichen wird ein (schwächeres) zweites Beobachtungsfilter zugeschaltet, das weniger Anregungslicht, dafür aber etwas Fluoreszenzlicht absorbiert, wenn das Fluoreszenzlicht (Emissionslicht) gegenüber dem Hintergrundlicht dominiert. Alternativ wird das zweite Beobachtungsfilter entfernt, um das Maximum an Anregungslicht durchzulassen, das das erste Beobachtungsfilter durchlässt. Der Kontrast wird derart automatisch auf einen vorgebbaren Wert geregelt, sodass zum Beispiel ein Chirurg unabhängig von den Störeinflüssen immer ein Bild mit optimalem Kontrast erhält. Die Automatik wählt zu diesem Zweck dabei vorzugsweise aus einem Satz mehrerer verschiedener Beobachtungsfiltren.

[0060] Besonders vorteilhaft ist es schliesslich, wenn eine im Hinblick auf die Abschwächmittel (Filter) gewählte Einstellung(en) (Kombinationen von Beobachtungsfiltren) speicherbar und wiederaufrufbar ist. Bei dieser Variante der Erfindung kann eine einmal gewählte Abschwächung bzw. Farbkontrasteinstellung vom Chirurgen elektronisch gespeichert und später wieder aufgerufen werden. Dazu sind ein Mikrocontroller oder Computer mit einem Speicher und eine Bedieneinheit vorgesehen. Oft werden Operationsmikroskope nur mehr von einer Bedienperson (Chirurgen) benutzt. Damit aber die individuell als Optimum gefundene Einstellung dieser Bedienperson nicht verloren geht, wenn das erfindungsgemässe Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop von einer

anderen Person benutzt wird, können durch Befehle über die Eingabeeinheit einmal gewählte Einstellungen bis zur nächsten Nutzung elektronisch gespeichert werden. Beispielsweise können dafür Drucktasten oder interaktive Touchscreen Bedienorgane vorgesehen werden, welchen die gewählten individuellen Einstellungen zugewiesen werden können. Über die Elektronik und den dieser zugeordneten Speicher werden sodann die Steuerparameter für die elektromechanischen Filter-Einschiebe- bzw. Entferneinheiten gespeichert und können dann über die Bedieneinheit beispielsweise codiert über den Namen des Anwenders wieder aufgerufen werden. Oder es wird eine elektronische Anwenderliste auf einem Display angelegt und dargestellt, aus der entsprechende Eintrag mittels Bedienorgansymbolen (z. B. Computermaus) oder direkt mittels Touchscreen) ausgewählt beziehungsweise aktiviert werden kann (vgl. **Fig. 4**)

[0061] Die obigen Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung lassen sich im Rahmen der Erfindung auf beliebige Art und Weise kombinieren. Entscheidend ist, dass erfindungsgemäss durch einfaches Hinzunehmen oder Wegnehmen wenigstens eines zusätzlichen Beobachtungsfilters im Beobachtungsstrahlengang ohne Manipulation an der Anregungsbeleuchtung der hell/dunkel und/oder Farbkontrast zwischen Emissionslicht und Hintergrundlicht des Objektfelds eingestellt werden kann. Im Vergleich dazu sind im Stand der Technik, beispielsweise beim bekannten Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop der Anmelderin „Leica FL400“ (vgl. das Prospekt 10 M1 750 Oen/B 2008 printed IX.2009 transparentes Zwischenblatt zwischen Seite 6 und 7 Regler bei den Lichtquellen) nur über die Ansteuerung der Anregungs-Filter in den Beleuchtungsstrahlengängen variierbar, was regelmässig neben den positiven Effekten für die Beleuchtung im Objektfeld aber auch – gewünscht oder ungewünscht – die tatsächliche Variation der Beleuchtungsintensität im Objektfeld am Objekt mit sich bringt (siehe **Fig. 5.**, die den Stand der Technik in Anlehnung an das transparente Zwischenblatt wiedergibt). Dies wird erfindungsgemäss nun nicht mehr zu einem Kriterium. An der Beleuchtung selbst muss zur besseren Kontrasteinstellung nichts mehr geändert werden, so dass die Beleuchtungsintensität bzw. die Anregungsintensität von vorn herein auf ein Maximum eingestellt werden kann und die subjektive Wahrnehmung der Abbildung des Objektfeldes im Beobachtungsstrahlengang hinsichtlich des spektralen und/oder Helligkeits-Kontrastes ausschliesslich im Beobachtungsstrahlengang selbst eingestellt werden kann.

[0062] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Figuren der Zeichnung angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen dabei:

[0063] Fig. 1 ein erstes symbolisches Beispiel für eine erfindungsgemässes Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop in vereinfachter monoskopischer Darstellung und mit einem Tubus und Okularen.

[0064] Fig. 2a ... Fig. 2c die Wirkung mehrerer zusätzlicher BeobachtungsfILTER mit unterschiedlichen Transmissionskurven,

[0065] Fig. 3 die Wirkung mehrerer zusätzlicher BeobachtungsfILTER mit gleichen Transmissionskurven,

[0066] Fig. 4 ein Prinzipschaltbild eines erfindungsgemässen Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskops mit Speichermöglichkeit für gewählte Filtereinstellungen,

[0067] Fig. 5 eine Anlehnung an eine Darstellung aus dem Stand der Technik (Leica FL400, transparente Seite zwischen Seite 6 und 7)

[0068] In den Figuren der Zeichnung sind gleiche und ähnliche Teile mit gleichen Bezugszeichen und funktionsähnliche Elemente und Merkmale – sofern nichts Anderes ausgeführt ist – mit gleichen Bezugszeichen aber unterschiedlichen Indizes versehen. Die Figuren sind übergreifend beschrieben.

[0069] Fig. 1 zeigt ein erstes Beispiel einer erfindungsgemässen Vorrichtung, hier in Form eines stark vereinfacht und nur monoskopisch dargestellten Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskops **1** mit seinem Beobachtungsstrahlengang **21**. Das Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop **1** umfasst eine erste symbolisch dargestellte Beleuchtungseinrichtung **2**, welche im Betriebszustand Licht über einen symbolisch dargestellten Beleuchtungsstrahlengang **20** auf ein Objektfeld **7** richtet. Im dargestellten Zustand handelt es sich um Anregungslicht, das auf das Objektfeld **7** gestrahlt wird, da im Strahlengang **20** ein wahlweise einsetzbares Anregungsfilter **3** eingesetzt ist. Im Beleuchtungsstrahlengang **20** sind weitere herkömmliche, symbolisch dargestellte Bauteile eingesetzt: Eine (herkömmliche) erste Beleuchtungsoptik **4** und ein erstes herkömmliches Umlenkprisma **5**. Letzteres ist in Strahlrichtung vor einem Hauptobjektiv **6** des Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskops **1** angeordnet und lenkt den Beleuchtungsstrahlengang **20** durch das Hauptobjektiv **6** auf das Objektfeld **7**.

[0070] Das Anregungsfilter **3** (nur wenn eingesetzt), die Beleuchtungsoptik **4**, das Umlenkprisma **5** und das Hauptobjektiv **6** (in Doppelfunktion, als dieses natürlich auch Bestandteil des Beobachtungsstrahlengangs **21** ist) bilden somit einen ersten Beleuchtungsstrahlengang **20**, der durch den wahlweisen Einsatz des Anregungsfilters **3** wahlweise zum Anregungsstrahlengang für Fluoreszenzanregung wird. Handelte es sich bei der Beleuchtungseinrichtung **2**

bzw. der dieser innewohnenden Lichtquelle um eine schmalbandige, für Fluoreszenzanregung optimierte Nicht-Weisslicht-Quelle (z. B. ein Dioden-Laser o. dgl.), kann das Anregungsfilter **3** gegebenenfalls auch entfallen. In einem solchen Fall wäre der eben beschriebene erste Beleuchtungsstrahlengang **20** allerdings ausschliesslich ein erster Anregungsstrahlengang, der in erster Linie der Fluoreszenzanregung dient, für die Anwendung als Operationsmikroskop-Beleuchtung jedoch aufgrund des schmalbandigen Lichts kaum einsetzbar ist, da bei einer Operation in der Regel ein Licht mit möglichst naturnaher Farbwiedergabe gewünscht wird.

[0071] Insbesondere für diesen Fall, aber auch für den Fall der additiven Lichtverstärkung durch eine zweite Beleuchtungseinrichtung, wie in der EP 1 691 229 A1 beschrieben, ist in dem Aufbau gemäss Fig. 1 eine zweite Beleuchtungseinrichtung **12** mit einem zweiten Beleuchtungsstrahlengang **22** vorgesehen, die ihr Licht ebenfalls auf das das Objektfeld **7** richtet. Im dargestellten Ausführungsbeispiel Fig. 1 fehlt dem Beleuchtungsstrahlengang **22** ein Anregungsfilter, weshalb es sich um keinen Anregungsstrahlengang handelt oder um einen Anregungsstrahlengang mit einer schmalbandigen Anregungslicht-Beleuchtungseinrichtung. In Fig. 5 ist demgegenüber in dem Strahlengang **22** auch ein Anregungsfilter **3** vorhanden. Beide Lichtquellen können sich bei Bedarf und falls entsprechend ausgelegt, gegenseitig bei der Beleuchtung des Objektfelds **7** unterstützen oder alternativ mit alternativen Farbspektren eingesetzt werden.

[0072] Mit annähernd gleicher Darstellung wie in Fig. 1 umfasst die Erfindung somit auch einen alternativer zweiteiliger Beleuchtungsstrahlengang, der nun anhand der Fig. 1 ebenso erläutert wird: Er besteht aus einem ersten Beleuchtungsstrahlengang **20** mit einer Weisslicht-Beleuchtungseinrichtung **2**, der wahlweise mittels Anregungsfilter **3** zu einem Anregungsstrahlengang umgewandelt werden kann, wobei ein zweiter Anregungsstrahlengang **22** vorgesehen ist, der im Anregungsfall Anregungslicht aus einer Anregungs-Beleuchtungseinrichtung auf das Objektfeld **7** richtet.

[0073] Bezüglich der zweiteiligen Beleuchtungsstrahlengänge wird ausdrücklich auf die erwähnte EP 1 691 229 A1, deren gesamte Lehre insbesondere deren Fig. 1–Fig. 4 und die dazugehörige Figurenbeschreibung Absatz 11–23 sowie die Beschreibungseinleitung Absatz 6–10 hiermit per Referenz in die vorliegende Offenbarung einbezogen werden.

[0074] Selbstverständlich umfasst die Erfindung jedoch auch einen Aufbau mit nur einem einzigen Beleuchtungsstrahlengang oder Anregungsstrahlengang, da es erfindungsgemäss auf die Anregung bzw. auf den Beleuchtungsstrahlengang selbst gar

nicht ankommt. Entscheidend wird erfindungsgemäss der Beobachtungsstrahlengang **21** und nicht der Beleuchtungsstrahlengang **20** und/oder **22** manipuliert, um die erfindungsgemässe Kontrasteinstellung vorzunehmen.

[0075] Das erfindungsgemässe Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop **1** umfasst somit gemäss dem gezeigten Ausführungsbeispiel eine optionale zweite Beleuchtungseinrichtung **12**, welche ebenfalls Licht über eine zweite Beleuchtungsoptik **13** und über ein zweites Umlenkprisma **14** auf das Objektfeld **7** wirft. Bei dieser Darstellung ist das zweite Umlenkprisma **14** nach oder neben dem Hauptobjektiv **6** angeordnet. Selbstverständlich umfasst die Erfindung auch Aufbauten, bei denen das zweite Umlenkprisma **14** ebenso wie das erste Umlenkprisma **5** vor dem Hauptobjektiv **6** angeordnet ist und das Licht des zweiten Beleuchtungsstrahlengangs **22** somit ebenso durch das Hauptobjektiv gestrahlt würde. Die beiden Beleuchtungsstrahlengänge **20** und **22** sind zeichnerisch in einer Ebene dargestellt. Selbstverständlich können diese Strahlengänge und seine Bauteile jedoch räumlich auch nebeneinander – beispielsweise tangential nebeneinander in Bezug auf das Hauptobjektiv – angeordnet sein.

[0076] Wie aus der **Fig. 1** erkennbar ist, schneiden sich bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel der ersten Beleuchtungsstrahlengang **20** der ersten Beleuchtungseinrichtung **2** und der Beobachtungsstrahlengang **21** im Hauptobjektiv **6** des Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskops **1**. Dies ist jedoch keine zwingende Bedingung. Vielmehr könnte der erste Beleuchtungsstrahlengang **20** der ersten Beleuchtungseinrichtung **2** sowie der zweite Beleuchtungsstrahlengang **22** der zweiten Beleuchtungseinrichtung **12** vollständig getrennt von den optischen Bauteilen des Beobachtungsstrahlengangs **21** – und somit am Hauptobjektiv **6** vorbei – verlaufen. Die Beleuchtungs- bzw. Anregungsstrahlengänge **20**, **22** und der Beobachtungsstrahlengang **21** schneiden sich dann lediglich im Raum zwischen dem Hauptobjektiv **6** und dem Objektfeld **7**.

[0077] Über das Hauptobjektiv **6** werden das vom Objektfeld reflektierte und gegebenenfalls das vom fluoreszierenden Gewebe emittierte Emissionslicht in den Beobachtungsstrahlengang **21** gelenkt. Der Beobachtungsstrahlengang **21** ist hinsichtlich seiner Optik ebenso nur symbolisch dargestellt und umfasst eine Mikroskopoptik (z. B. ein Zoom) **8**, sowie – wie herkömmlich – ein erstes, wahlweise einsetzbares BeobachtungsfILTER **9**. Die Aufgabe dieses Beobachtungsfilters **9** (auch Sperrfilter genannt) ist es, in erster Linie Emissionslicht durchzulassen und spektral andere Lichtwellenlängen zu absorbieren. Im vorliegenden Fall ist das BeobachtungsfILTER **9** je nach Erfindungsvariante jedoch – wie an sich bekannt – so ausgebildet, dass es ausdrücklich auch für einen

Teil des Anregungslichts und gegebenenfalls auch für einen Teil anderer Lichtwellenlängen bis hin zum Weisslicht teilweise transparent ist. Beobachter können somit einerseits die Emission der Fluoreszenzerscheinung sehen zusätzlich aber auch Hintergrundlicht, nämlich das vom Objekt im Objektfeld **7** reflektierte Anregungslicht und/oder den Teil anderer Lichtwellenlängen bis hin zum Weisslicht (Hintergrundbeleuchtung) wahrnehmen.

[0078] Selbstverständlich kann dieses BeobachtungsfILTER **9** auch aus einer Gruppe von verschiedenen Beobachtungsfiltern auswählbar sein, um für den jeweiligen Fluoreszenzfall (jeweilige Emissionsstrahlung) optimiert zu sein.

[0079] Der Beobachtungsstrahlengang umfasst – in Lichtrichtung nach (wie dargestellt) oder vor dem BeobachtungsfILTER **9** – einen Satz von zusätzlichen Beobachtungsfiltern **10a**, **10b** und **10c** und in weiterer Folge einen Stereo-Tubus **23** mit Okularen. Selbstverständlich können anstelle des dargestellten Stereo-Tubus **23** mit Okularen oder zusätzlich zu diesen Video-Beobachtungseinrichtungen, wie Videotuben angebracht sein. Diese Beobachtungseinrichtungen können bei Bedarf auch austauschbar vorgesehen sein. Für die Erfindung kommt es auf den Endausbau des Beobachtungsstrahlengangs **21** insofern nicht an, als es erfindungswesentlich ist, dass das beobachtbare Licht im Beobachtungsstrahlengang **21** durch den zusätzlichen Satz von wahlweise einschiebbaren erfindungsgemässen Beobachtungsfiltern **10a** ... **10c** (wenigstens ein zweites BeobachtungsfILTER **10**) der Kontrast zwischen Emissionslicht und Reflexionslicht des Objektfelds eingestellt werden kann.

[0080] Das Hauptobjektiv **6**, die Mikroskopoptik **8**, das wahlweise einsetzbare erste BeobachtungsfILTER **9** und der wahlweise einsetzbare Satz von zusätzlichen Beobachtungsfiltern **10a** ... **10c** (mindestens ein zweites BeobachtungsfILTER **10**) bilden den relevanten Teil des Beobachtungsstrahlengangs **21**.

[0081] Die Funktion des in der **Fig. 1** dargestellten Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskops **1** ist beispielhaft wie folgt:

Die erste Beleuchtungseinrichtung **2** sendet Licht in einem sehr breiten Wellenlängenbereich (z. B. Weisslicht) aus. Dieser Wellenlängenbereich umfasst daher auch einen Anregungs-Wellenlängenbereich für die jeweiligen Photosensibilisatoren aus, die sich im Anwendungsfall im Gewebe des Objekts im Bereich des Objektfelds befinden sollten. Im vorliegenden Beispiel wird angenommen, dass das Emissions-Spektrum der Beleuchtungseinrichtung **2** vergleichsweise breit (Weisslicht-Spektrum) ist. Es stellt daher – ohne AnregungsfILTER **3** grundsätzlich auch die Operationsmikroskop-Beleuchtung zur Verfügung, unter der ein Chirurg bzw. Anwender im Objektfeld seine Operationen durchführt. Für den Fluoreszenz-Anre-

gungsfall wird ein Anregungsfilter **3** eingesetzt, das im Wesentlichen hauptsächlich schmalbandiges Anregungslicht passieren lässt. Für den Alternativfall, bei dem die erste Beleuchtungseinrichtung **2** ohnehin fast ausschliesslich Anregungslicht im Anregungswellenlängenbereich erzeugt, kann das Anregungsfilter **3** auch weggelassen (gegebenenfalls wahlweise entfernbar angeordnet sein) werden. Für einen solchen alternativen Aufbau müsste dann jedenfalls noch separat für eine zusätzliche Operationsmikroskop-Beleuchtung gesorgt sein – beispielsweise über den zweiten Beleuchtungsstrahlengang **22**. Ist **2** jedoch eine Weisslichtquelle, dann dient sie in diesem Beispiel ohne Anregungsfilter **3** einerseits der Operationsmikroskop-Beleuchtung und andererseits mit dem Anregungsfilter **3** der Fluoreszenzanregung.

[0082] Das Licht wird durch die Beleuchtungsoptik **4** gebündelt und an das Umlenkprisma **5** weitergeleitet, das das Licht umlenkt und über das Hauptobjektiv **6** auf das Objektfeld **7** wirft.

[0083] Im Objektfeld **7** befinden sich normalerweise Areale, die unter der Bestrahlung mit dem Anregungslicht fluoreszieren. Das vom Objektfeld **7** reflektierte Anregungslicht wird gemeinsam mit dem Emissionslicht über das Hauptobjektiv **6** und die Mikroskopoptik **8** weitergeleitet bzw. auf eine Zwischenbildebene projiziert. Das derart vom Objektfeld empfangene Emissions- und Reflexions-Licht wird dabei durch das erste Beobachtungsfilters **9** gefiltert, indem es hauptsächlich das Emissionslicht im Fluoreszenz-Wellenlängenbereich und zum Teil auch Reflexionslicht im Bereich der Anregungs-Wellenlänge passieren lässt, Licht anderer Wellenlängen aber grösstenteils ausfiltert.

[0084] Dem Verlauf des Beobachtungsstrahlenganges folgend wird das Licht des Objektfelds **7** durch die im Beobachtungsstrahlengang angeordnete Mittel zur steuerbaren spektralen Abschwächung (zusätzliche Beobachtungsfilters **10a** ... **c**) insbesondere und eingeschränkt im Anregungs-Wellenlängenbereich je nach Bedarf (Auswahl oder Einstellung dieser Mittel (Filter **10a** ... **c**) weiter gefiltert, wodurch sich der Kontrast zwischen Emissionslicht und Reflexionslicht einstellen lässt. Im vorliegenden Beispiel sind diese Mittel durch die zusätzlichen Beobachtungsfilters **10a** ... **10c** gebildet. Diese können – wie durch die Pfeile angedeutet ist – bei Bedarf zu- und weg-geschaltet werden, um Licht im Anregungs-Wellenlängenbereich abzuschwächen und um solcherart den Kontrast des in die Zwischenbildebene projizierten Lichts des Objektfelds gezielt zu verändern bzw. den Bedürfnissen anzupassen. Ohne ein zweites Beobachtungsfilters **10a** ... **10c** ist die relative Sichtbarkeit der fluoreszierenden Areale (Emissionslicht) gegenüber dem Umgebungslicht (Reflexionslicht) reduziert. Wird hingegen ein zweiter oder mehrere zusätzliche Beobachtungsfilters **10a** ... **10c** hinzugeschaltet,

dann wird das vom Objektfeld **7** reflektierte Anregungs-Licht bzw. das vom Objektfeld reflektierte Licht stärker als davor absorbiert, sodass die fluoreszierenden – mit nicht absorbierten Emissionslicht leuchtenden – Areale relativ stärker hervortreten und daher die relative Sichtbarkeit auf die Fluoreszenzerscheinung verbessert wird.

[0085] Der beispielhafte Beobachtungsstrahlengang **21** bildet über einen Tubus **23** mit Okularen das Bild des Objektfelds **7** in das nicht dargestellte Auge des dargestellten Beobachters ab. Zusätzlich könnte vom Beobachtungsstrahlengang noch – wie an sich bekannt – ein Dokumentationsausgang u. dgl. vorgesehen sein, in dem beispielsweise eine Videokamera angeordnet ist. Alternativ könnte der Beobachtungsstrahlengang **21** – etwa wie bei einem Videomikroskop – mit einem Bildsensor (z. B. CCD-Sensor, CMOS-Sensor o. dgl) in der Zwischenbildebene enden, der das aufgenommene Zwischenbild in elektronische Signale umwandelt und – in an sich bekannter Weise – auf einem Bildschirm dargestellt bzw. elektronisch weiterverarbeitet.

[0086] Ein solcher Aufbau kann der **Fig. 4** beispielhaft entnommen werden:

Das dort symbolisch dargestellte Mikroskop **1** umfasst ein Hauptobjektiv **6**, ein erstes Beobachtungsfilters **9**, das wahlweise durch eine elektromechanische Ansteuerung **100** in den Beobachtungsstrahlengang **21** eingesetzt. Dieser umfasst wie auch der Aufbau gemäss **Fig. 1** wenigstens ein, im dargestellten Fall zwei, zusätzliche Beobachtungsfilters **10**. Diese können elektromechanisch mittels Antriebseinheit **100** oder auch manuell aufgrund von Messungen oder aufgrund des Einstellbedarfs des Anwenders wahlweise oder gleichzeitig in den Beobachtungsstrahlengang **21** eingeschoben – bzw. dort aktiviert werden.

[0087] In **Fig. 4** ist die Beleuchtungseinrichtung nicht dargestellt. Sie kann jener nach **Fig. 1** entsprechen.

[0088] Wie schon angemerkt, kann bestimmtes Anregungslicht, je nach verwendeter Wellenlänge bei zu hoher Intensität des Lichts bzw. bei zu hoher Strahlungsdosis im Beobachteraue eine Augenschädigung hervorrufen. Blaues Anregungslicht mit unschädlicher Intensität und ohne UV-Anteile ist in der Regel ebenso wie rotes Anregungslicht aus dem nahen Infrarotbereich (NIR) mit unschädlicher Intensität und mit nur geringen Infrarot Anteilen (IR) unproblematisch für das Auge. Folglich kann blaues Anregungslicht (typische ALA Fluoreszenz in der Onkologie) oder rotes Anregungslicht (typische NIR Fluoreszenz in der Angiographie) vom ersten Beobachtungsfilters **9** bzw. von den zusätzlichen Beobachtungsfilters **10a** ... **10c** auch dann mehr oder minder ungefiltert transmittieren, wenn der Beobachtungsstrahlengang **21** – wie in **Fig. 1** gezeigt und wie ebenfalls hier in **Fig. 4** dargestellt – in einem visuellen Beob-

achtungsstrahlengang mit Tuben und Okularen enden, durch die der Anwender des Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskops **1** blickt. Auf diese Weise ist die verbesserte Darstellung der Sichtbarkeit der Umgebung fluoreszierender Areale mit Hilfe von relativ einfachen technischen Mitteln ermöglicht.

[0089] Fig. 4 zeigt demgegenüber jedoch zusätzlich noch einen Strahlenteiler **24**, der das Bild des Objektfelds auf einen Bildsensor **11** umlenkt. Der Bildsensor **11** ist mit einer Video-Bildverarbeitungseinheit **400** verbunden, die einerseits mit einem Display **500** verbunden und andererseits an eine Steuereinheit (PC o. dgl.) angeschlossen ist. Das Display **500** kann – wie an sich bekannt der Beobachtung für Dritte dienen, kann aber auch u. U. der Beobachtung von Emissionserscheinungen in einem Lichtwellenbereich dienen, die mit dem menschlichen Auge nicht mehr wahrgenommen werden, von einem Bildsensor **11** jedoch aufgenommen werden können. Es kann extern oder – wie an sich bekannt – mittels Einspiegelung wiederum dem Anwender in seinem Tubus **23** sichtbar gemacht werden. Im Wesentlichen wird das Display **500** jedoch Kontrollfunktionen haben.

[0090] Die Steuereinheit **200** ist ihrerseits mit der Antriebseinheit **100** und mit einem Speicher- und/oder Eingabeeinheit **300** verbunden. Letztere dient einerseits der Eingabe von Daten bzw. Einstellung der Steuereinheit **200** und andererseits der Kommunikation mit dem Display **500**. Im Speicher können – programmiert durch die Eingabeeinheit **300** auch vorgeählte Kontrasteinstellungen gespeichert und bei Bedarf abgerufen werden.

[0091] Eine erfindungsgemässe Hauptfunktion von Bildsensor **11**, Videobildverarbeitungseinheit **400**, Steuereinheit **200** und Antriebseinheit **100** ist, durch einen Regelkreis und durch Einschub der entsprechenden zusätzlichen Beobachtungsfiler automatisch einen optimalen Kontrast im Beobachtungsstrahlengang **21** herzustellen.

[0092] Mit zunehmender Intensität und mit abnehmender Wellenlänge oder mit zunehmender Wellenlänge des Anregungslichts nimmt die Gefährdung des Anwenderauges zu (Light-Hazard), was bei der Filterauswahl berücksichtigt werden muss, damit auch bei hoher Lichtintensität keine Schädigung der Augen des Anwenders des Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskops **1** hervorgerufen wird.

[0093] Die „Gefährlichkeit“ des Anregungslichts hängt somit neben der Intensität auch von dessen Wellenlänge ab. Um die Augen des Anwenders vollständig vor schädlicher Strahlung, insbesondere vor UV-Strahlung oder IR-Strahlung zu schützen, kann anstelle eines visuellen Beobachtungsstrahlengangs mit Tuben **23** und Okularen wie in Fig. 1 und Fig. 4 dargestellt, ausschliesslich ein Bildsensor in der Zwi-

schichtenbildebene verwendet werden, der im Unterschied zu den Anwenderaugen einerseits unsichtbares Licht (z. B. IR) in sichtbares Licht umwandeln kann und der andererseits auch einer hohen Strahlungsintensität und einer auch höher-energetischen Strahlung ausgesetzt werden kann, ohne dabei selbst Schaden zu nehmen. Der Anwender erhält seine Bildinformation bei diesem Aufbau über das Display (vgl. Fig. 4 **500**) und ist somit vor schädlicher Strahlung geschützt.

[0094] Zusätzlich zum Anregungslicht kann das Objektfeld **7** mit Hilfe der zweiten Beleuchtungseinrichtung **12** auch mit einem anderen Lichtspektralen bestrahlt werden. Beispielsweise kann die zweite Beleuchtungseinrichtung **12** als Weiss-Beleuchtungseinrichtung ausgeführt sein, um die natürlichen Farben des Objekts **7** hervortreten zu lassen. Vorteilhaft kann das Verhältnis zwischen Licht der ersten Beleuchtungseinrichtung **2** und der zweiten Beleuchtungseinrichtung **12** – wie an sich bekannt vgl. das Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop Leica FL400 – variiert werden, sodass sowohl die fluoreszierenden Areale wie auch der Hintergrund im Objektfeld **7** in gewünschter Weise bzw. optimiert sichtbar erscheint.

[0095] Das obige Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop **1** ist nur beispielhaft zu sehen. Selbstverständlich kann das Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop **1** noch weitere, nicht dargestellte Bauteile enthalten, beispielsweise weitere Linsensysteme wie ein Zoom, oder Lichtblenden wie Irisblenden zur Reduzierung des Lichts aus den Lichtquellen o. dgl. Weiterhin kann das Anregungsfilter **3** auch an einer anderen Stelle des Beleuchtungs- bzw. Anregungsstrahlengangs angeordnet sein, wie z. B. nach der Beleuchtungsoptik **4** oder nach dem Umlenkprisma **5**. Desgleichen können die Filter **9** und **10a ... 10c** an einer anderen Stelle des Beobachtungsstrahlengangs angeordnet sein. Insbesondere können die zusätzlichen Beobachtungsfiler **10a ... 10c** im Strahlengang vor dem ersten Beobachtungsfiler **9** angeordnet sein.

[0096] Möglich ist auch, dass einige der zusätzlichen Beobachtungsfiler **10a ... 10c** vor dem ersten Beobachtungsfiler **9**, andere zusätzliche Beobachtungsfiler **10a ... 10c** nach dem ersten Beobachtungsfiler **9** angeordnet sind. Weiterhin können die Strahlengänge beliebig umgelenkt sein – z. B. über ergonomisch verschwenkbare Tuben o. dgl., ohne den Grundgedanken der Erfindung zu verlassen. Beispielsweise können die Beleuchtungsstrahlengänge der Beleuchtungseinrichtungen **2** und **12** auch im Wesentlichen parallel mit dem Beobachtungsstrahlengang ausgerichtet sein, in dem die Umlenkprismen zentral in der Mitte des Beobachtungsstrahlengangs **21** bzw. zentral in Bezug auf das Hauptobjektiv **6** wie beispielsweise in Fig. 5 dargestellt bzw. im Leica FL400 aus-

gebildet. Anstelle der Umlenkprismen **5** und **14** können beispielsweise auch Spiegel vorgesehen sein. Diesbezüglich greift die Erfindung auf an sich bestens bekannte Bauelemente der Optik zurück und ist die Ausbildung der brechenden oder umlenkenden Elemente der Strahlengänge **20**, **21**, **22** nicht entscheidend für die Erfindung, solange der BeobachtungsfILTER **9** und zusätzliche BeobachtungsfILTER **10** vor der Zwischenbildebene im Falle eines Sensor-Informationsabgriffs und vor den Okularen im Falle eines visuellen Informationsabgriffs in der angegebenen Art angeordnet sind.

[0097] Darüber hinaus können die zusätzlichen BeobachtungsfILTER **10a** ... **10c** manuell oder motorisch betätigt sein. Sie können eingeschoben oder eingeschwenkt werden.

[0098] Alternativ können die BeobachtungsfILTER **9**, **10** auch als elektrisch anregbare LCD-Filter aufgebaut sein, die permanent im Strahlengang belassen sind und lediglich bei Bedarf aktiviert werden.

[0099] Selbstverständlich ist die erfinderische Lehre nicht nur auf das dargestellte Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop **1** sondern auch auf andere Vorrichtungen zur Erkennung fluoreszierender Areale eines Objektfelds **7** anwendbar, beispielsweise auf Endoskope o. dgl.

[0100] Die **Fig. 2a** bis **Fig. 2c** zeigen verschiedene spektrale Verläufe der im Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop **1** verwendeten spektralen optischen Einheiten z. B. Beleuchtungseinrichtung, Filter. Auf der Abszisse ist dabei die Wellenlänge λ aufgetragen, auf der Ordinate ist die normierte Intensität der Lichtstrahlung und die Transmission θ der Filter angegeben.

[0101] Das Emissionsspektrum **A** der ersten Beleuchtungseinrichtung **2** ist in den **Fig. 2a** bis **Fig. 2c** strichpunktiert dargestellt. Die Intensität des ausgestrahlten Lichts nimmt bei diesem Ausführungsbeispiel ab ca. 470 nm Wellenlänge λ relativ stark ab. Es handelt sich also um eine typische Blaulichtbeleuchtung. Um das Spektrum des auf das Objektfeld **7** gestrahlten Lichts im Wellenlängenbereich noch weiter einzuschränken, ist der ersten Beleuchtungseinrichtung **2** – wie in **Fig. 1** dargestellt – ein AnregungsfILTER **3** nachgeschaltet. Der spektrale Verlauf **B** der Transmission des AnregungsfILTERS **3** (d. h. dessen Transmissions- oder Transmissionskurve) ist gestrichelt dargestellt. Wie zu erkennen ist, ist das AnregungsfILTER **3** im kurzwelligen Anregungs-Wellenlängenbereich transparent. Es wird vom Licht der Anregungswellenlänge somit nur der kurzwellige Teil für die Fluoreszenz-Anregung zur Verfügung gestellt. Der spektral längerwellige Teil des Lichts aus der ersten Beleuchtungseinrichtung **2** wird vom AnregungsfILTER **3** absorbiert. Es steht daher für die Objektbe-

leuchtung nicht zur Verfügung, während der kurzwellige Teil voll zur Anregung zur Verfügung steht.

[0102] In den **Fig. 2a** bis **Fig. 2c** ist die Transmissionskurve **C** des ersten BeobachtungsfILTERS **9**, sowie die Transmissionskurven **Da** ... **Dc** des zweiten bzw. der zusätzlichen BeobachtungsfILTER **10a** ... **10c** dargestellt.

[0103] Die AnregungsfILTER **10a** ... **10c** weisen unterschiedliche spektrale Transmission auf. Demzufolge sind die Transmissionskurven **Da**–**Dc** relativ zueinander entlang der Abszisse verschoben. Die unterschiedlichen zusätzlichen BeobachtungsfILTER **10a**–**10c** bewirken somit eine unterschiedliche spektrale Einschränkung des sichtbaren Lichts im Beobachtungsstrahlengang **21**.

[0104] Schliesslich ist in den **Fig. 2a** ... **Fig. 2c** der sichtbare Anregungs-Wellenlängen-Bereich **E** (schraffiert) angegeben, der infolge des Zusammenwirkens der Beleuchtungseinrichtung (**A**) mit dem AnregungsfILTER (**B**) und mit dem zweiten BeobachtungsfILTER (**D**) sichtbar ist. Dies entspricht dem Licht, das, wenn es vom Objektfeld in den Beobachtungsstrahlengang reflektiert wird, dort auch wahrgenommen werden kann. Wellenlängenbereiche ausserhalb dieses Bereichs also beispielsweise zwischen 470 nm und 570 nm sind nicht sichtbar, weil sie durch das BeobachtungsfILTER **9** (Kurve **C**) absorbiert werden. Lediglich der Bereich um die Emissionswellenlänge **F** ist davon ausgenommen, wie unten beschrieben wird. Je weniger die zusätzlichen BeobachtungsfILTER **10** spektral vom Anregungslicht sperren, umso mehr wird vom Objekt auch zum Beobachter bzw. zum Bildsensor **11** reflektiert.

[0105] Weiters ist der Anregungs-Wellenlängenbereich **F** bei einer Fluoreszenz-Wellenlänge bei etwa 600 nm angegeben, um welche sich bei diesem Ausführungsbeispiel die Fluoreszenzerscheinung darstellt.

[0106] Während in diesem Ausführungsbeispiel die spektrale Verteilung und die Helligkeitsintensität des vom Beobachter wahrnehmbaren Anregungslichts **E** in Abhängigkeit von den eingesetzten Filtern **10a** ... **10c** abnimmt, bleibt die Sichtbarkeit des Emissionslichts **F** konstant. Dies verdeutlicht die erfindungsgemässe Regelbarkeit des Kontrasts. Da als zusätzliche BeobachtungsfILTER gemäss einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung auch einfache Farbglasfilter eingesetzt werden können, werden die Kosten für die Regulierbarkeit mittels der zusätzlichen BeobachtungsfILTER gering gehalten.

[0107] Werden mehrere Zusatzfilter gleichzeitig eingesetzt, kommt es zu einer Änderung der Neigung der wirksamen Transmissionskurve, wodurch sich die aufsteigende Flanke der Kurve abflacht.

[0108] Im vorliegenden Beispiel wird angenommen bzw. dargestellt, dass jeweils nur eines der Filter **10a ... 10c** zugeschaltet wird. Demgemäss ist nur jeweils eine der Transmissionskurven (Transmissionscharakteristik) $D_a ... D_c$ dargestellt. In der **Fig. 2a** ist dies das Filter **10a** mit der Transmissionscharakteristik D_a .

[0109] Das auf das Objektfeld **7** treffende Licht wird im Wesentlichen durch die spektrale Eigenschaft der Beleuchtungseinrichtung – beschnitten durch die Absorptionseigenschaften – der Verlauf **B** des Anregungsfilters **3** definiert. Das wahrnehmbare Licht im Beobachtungsstrahlengang **21** – d. h. jenes Licht, das vom Objektfeld **7** einmal durch das Hauptobjektiv **6** in den Beobachtungsstrahlengang gestrahlt schlussendlich wahrnehmbar ist – wird hingegen – wie an sich bekannt – durch die Filterwirkung des Beobachtungsfilters **9** oder erfindungsgemäss durch die Kombination des Beobachtungsfilters **9** mit einem der mehreren der zusätzlichen Beobachtungsfiler **10a ... 10c** definiert. In den dargestellten Kurven ist zu sehen, dass dieses wahrnehmbare Licht bei diesem Ausführungsbeispiel aus dem kurzwelligen und langwelligen Bereich stammt, während der mittlere Bereich durch das Beobachtungsfiler **9** (Kurve **C**) absorbiert wird. Im langwelligen Bereich trifft jedoch grundsätzlich kein Licht auf das Objektfeld **7**, da dieses durch das Anregungsfiler **3** (Kurve **B**) absorbiert wird bzw. im dargestellten Ausführungsbeispiel durch die Beleuchtungseinrichtung **2** gar nicht erst entsteht (Kurve **A**).

[0110] Dem Fachmann erschliesst sich aus den vorgängigen Angaben, dass erfindungsgemäss keine Beschränkung durch diese Filterkombination gegeben ist. Modifikationen der jeweiligen Filter führen zu anderen Ergebnissen. Nach dem Verständnis des Wesens der Erfindung, nämlich dem Beobachtungsfiler **9** zusätzliche Beobachtungsfiler **10a ... 10c** wahlweise zur Seite zu stellen, sind dem Fachmann verschiedenste Ausgestaltungen möglich. Filterkombinationen für den NIR Bereich würden etwa eine spiegelverkehrte Kurvendarstellung ergeben. Ausgestaltungen, bei denen auch etwas Weisslicht als Hintergrundbeleuchtung zulassen würden, würden die Transmissionskurve **C** des ersten Beobachtungsfilters im mittleren Wellenlängenbereich etwas anheben und das Emissionsspektrums der Lichtquelle **2** weiter nach rechts verschieben; usw.

[0111] **Fig. 2a** zeigt im Ergebnis: Im Beobachtungsstrahlengang **21** wird das vom Objektfeld **7** reflektierte oder emittierte Licht durch den ersten Beobachtungsfiler **9** (Filtercharakteristik **C**) sowie durch den zweiten Beobachtungsfiler **10a** (Filtercharakteristik D_a) gefiltert. Das erhaltene sichtbare Spektrum unter der Kurve **E** ist schraffiert dargestellt und ist im Vergleich zum sichtbaren Spektrum unter der Emissionskurve **F** (Licht aus dem Fluoreszenz-Wellenlängenbereich)

relativ intensiv aber mit geringerer Intensität als ohne die Beschneidung durch die Filterkurve D_a . Das Emissionslicht unter der Emissionskurve **F** transmittiert den ersten Beobachtungsfiler **9** und den zweiten Beobachtungsfiler **10a** ungehindert. Es ist für den Beobachter somit voll sichtbar.

[0112] **Fig. 2b** zeigt im Ergebnis eine geänderte Situation, bei der anstelle des zweiten Beobachtungsfilters **10a** das zweite Beobachtungsfiler **10b** mit einer anderen Filtercharakteristik D_b zugeschaltet ist. Demgemäss wird das Spektrum des vom Objektfeld **7** reflektierten Lichts noch stärker absorbiert (resultierendes Spektrum unter der Kurve **E** wiederum schraffiert dargestellt). Das reflektierte Licht aus dem Anregungs-Wellenlängenbereich wird gegenüber dem Licht im Fluoreszenz-Wellenlängenbereich daher relativ abgeschwächt, während das Emissionslicht der Fluoreszenzerscheinung wie gemäss **Fig. 2a** unter der Kurve **F** nach wie vor ungehindert transmittiert. Ein Anwender des Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskops **1** kann somit fluoreszierende Areale als relativ stärker wahrnehmen, allerdings zu Lasten eines relativ schwächer sichtbaren Umfelds. Erfindungsgemäss entscheidend ist, dass die tatsächliche Beleuchtungs- bzw. Anregungssituation (spektrale Verteilung des Anregungslichts und Intensität des Anregungslichts) am Objekt selbst unverändert ist. Dies ist der fundamentale Unterschied zu den bekannten Systemen aus dem Stand der Technik. Daraus folgt, dass die Anregungssituation für die Erzeugung der Fluoreszenzerscheinungen optimiert werden kann und der Anwender bzw. Chirurg trotzdem und nach seinem jeweiligen Bedarf den Kontrast zwischen Emissionslicht und Reflexionslicht aus dem Objektfeld einstellen kann.

[0113] **Fig. 2c** zeigt schliesslich eine dritte Situation, bei welcher das zweite Beobachtungsfiler **10c** mit der Filtercharakteristik D_c anstelle der zusätzlichen Filter **10a** oder **10b** zugeschaltet ist. Demgemäss wird das Spektrum des vom Objektfeld **7** reflektierten Lichts im kurzwelligen Bereich noch stärker gefiltert als in der Situation gemäss **Fig. 2b** (Das resultierende Spektrum unter der Kurve **E** ist wiederum schraffiert dargestellt und nochmals schmaler). Das reflektierte Licht im Anregungs-Wellenlängenbereich wird gegenüber Licht im Fluoreszenz-Wellenlängenbereich daher noch stärker abgeschwächt bzw. spektral eingeschränkt. Ein Anwender des Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskops **1** kann somit fluoreszierende Areale relativ noch stärker erkennen, allerdings zu Lasten eines noch schwächeren sichtbaren Umfelds bzw. Hintergrunds.

[0114] Wie aus den **Fig. 2a ... Fig. 2c** leicht zu erkennen ist, ändert somit die wahrnehmbare Umfeldbeleuchtung bzw. Hintergrundbeleuchtung bzw. das Hintergrundlicht bei zunehmender Verschiebung der Filtercharakteristik **D** der zusätzlichen Beobach-

tungsfilter **10a** ... **10c** entlang der Abszisse nach rechts einerseits die subjektiv wahrnehmbare Helligkeit wie auch die objektive spektrale Zusammensetzung. So wird das beim zweiten BeobachtungsfILTER **10a** (**Fig. 2a**) sichtbare Lichtspektrum durch eine Mischung von Blauviolett über Blau bis zu Blaugrün gebildet, während z. B. das beim zweiten BeobachtungsfILTER **10c** (**Fig. 2c**) sichtbare Lichtspektrum durch eine in Richtung Blaugrün verschobenes Spektrum umfasst.

[0115] **Fig. 3a** zeigt eine modifizierte Situation welche der in den **Fig. 2a** ... **Fig. 2c** gezeigten Situationen sehr ähnlich ist, allerdings sind bei dieser Variante der Erfindung z. B. drei zusätzliche BeobachtungsfILTER **10a** ... **10c** vorgesehen, die im Anregungs-Wellenlängenbereich gleiche Transmissionseigenschaften aufweisen und einzeln oder gleichzeitig in den Beobachtungstrahlengang **21** eingesetzt werden können. In der **Fig. 3a** ist beispielhaft nur eine Transmissionskurve D_d dargestellt, die eine deutlich geringere Flankensteigung und auch eine höhere Transmission im Bereich des kurzwelligen Lichts aufweist, verglichen zu jenen Kurven D_a ... D_c gemäss **Fig. 2a** bis **Fig. 2c**.

[0116] Die jeweils wirksame Filterung bzw. Transmission ist die jeweilige Addition des ersten BeobachtungsfILTERS **9** mit einem oder mehreren der zusätzlichen BeobachtungsfILTER **10a** ... **10c**.

[0117] Im Beobachtungstrahlengang **21** wird das vom Objektfeld **7** reflektierte Licht nun wiederum durch das erste BeobachtungsfILTER **9** (Filtercharakteristik C) sowie durch das zweite BeobachtungsfILTER **10a** (in dem Fall der Auslegung nach **Fig. 3** Filtercharakteristik D_d) gefiltert. Das erhaltene Spektrum ist in der **Fig. 3a** unter der Kurve E (sichtbarer Anregungswellenlängen-Bereich) wieder schraffiert dargestellt. In der **Fig. 3a** ist die Abschwächung durch lediglich ein Filter **10a** dargestellt. Werden noch weitere Filter **10b** und **10c** zugeschaltet (ebenfalls mit der Filtercharakteristik D_d), dann wird das Spektrum des reflektierten Lichts zwar spektral gleich bleiben, die Intensität dieses Spektrums jedoch reduziert. Eine Verschiebung des Spektrums zu längeren Wellenlängen λ – wie unter den Ausführungen nach den **Fig. 2a–Fig. 2c** findet jedoch nicht statt.

[0118] Bei dieser Ausführungsform ist für den Beobachter somit kaum eine unterschiedliche Farbwahrnehmung des Hintergrundlichts im Regelfall zu beobachten sondern lediglich eine Intensitätsreduktion gegenüber der jeweils unveränderten sichtbaren Emissionsstärke der Fluoreszenzerscheinung. Dadurch verändert sich ebenso der Kontrast.

[0119] Aus **Fig. 3b** sieht man diese Situation mit zwei eingesetzten identischen Filtern, die die Kurve D_d

entsprechend absenken bzw. deren Flankensteigung erhöhen

[0120] Zu beachten ist beim Aufbau gemäss **Fig. 3a** ... **b**, dass der sichtbare Bereich (Kurve E) im kurzwelligen Anregungswellenlängen-Bereich in Richtung UV-Licht nicht unterdrückt wird. Es wird dort somit auch kurzwelliges (für Beobachteraugen schädliches – Light Hazard – Licht im Beobachtungstrahlengang weitergeleitet. Daraus folgt, dass diese Ausgestaltung für die visuelle Beobachtung durch Tuben und Okulare eher ungeeignet ist und daher den in **Fig. 4** dargestellten fotooptischen bzw. videotecnischen Beobachtungsmoden mit Bildsensor **11** (jedoch dann ohne Stereo-Tubus **23**) vorbehalten bleibt.

[0121] Gemäss einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung, sind – wie beispielhaft in **Fig. 4** dargestellt – alle Anregungs- **3** Beleuchtungs- und BeobachtungsfILTER **9**, **10** elektromechanisch (Antriebseinheit **100**) in den jeweiligen Strahlengang **20**, **21**, **22** einschalt- bzw. entfernbar, wobei für die Ansteuerung der Antriebseinheit **100** eine Steuereinheit **200** vorgesehen ist, die über eine Eingabeeinheit **300** programmierbar ist und vorzugsweise über z. B. in einer Speichereinheit voreingestellte Sicherheitssettings zur Reduktion des Light Hazards verfügt. Somit können hier über einen Regelkreis vollautomatisch programmierbare Sicherheitssettings für den Light Hazard programmierbar sein. Diese bewirken auch, dass der Anwender selbst keine für ihn/seine Augen ungünstigen Einstellungen getroffen werden können.

[0122] Alternativ könnten natürlich noch zusätzlich zu allen angegebenen BeobachtungsfILTERn in den Tuben fix eingebaute UV-Filter o. dgl. eingebaut sein, so dass der Light-Hazard entsprechend vermieden wird. Im Gesamtbeobachtungsspektrum (Kurve E in **Fig. 3a** ... **b**) würde dies eine Verringerung der Intensität der Kurve E entsprechen, so dass die Kurve E eine Anfangsflanke erhielte, die etwa einer der Flanken der Kurve E in den **Fig. 2a–Fig. 2c** entspricht. Eine solche Variation des Beobachtungstrahlengangs **21** wäre für die visuelle Beobachtung günstig, würde damit aber gleichzeitig Nachteile für eine videogestützte Beobachtung mit sich bringen, indem ein Kontrast zwischen Emissionslicht der Fluoreszenzerscheinung und Reflexionslicht vom Hintergrund im UV-nahen Bereich nicht beobachtet werden könnte. Demzufolge könnten bestimmte Oberflächen, die einem Beobachter besonders durch kurzwelliges Licht verbesserte Strukturinformationen abgeben, gegebenenfalls nicht optimal wahrgenommen werden. Hier muss der Anwender somit den richtigen Kompromiss finden. Dank der grundsätzlichen Lehre der Erfindung stehen ihm hier mehrere Wege offen – wie oben angegeben.

[0123] Wird die in **Fig. 1** dargestellte zweite Beleuchtungseinrichtung **12** hinzugeschaltet, so werden die

dargestellten Spektren bzw. Lichtwellenlängen-Bereiche in den **Fig. 2a ... c** und **Fig. 3a ... b** zusätzlich noch vom Spektrum der zweiten Beleuchtungseinrichtung **12** überlagert. Wird angenommen, dass diese zweite Beleuchtungseinrichtung **12** weisses Licht emittiert, so würde sich dieses in den in den **Fig. 2a ... Fig. 2c** und **Fig. 3** dargestellten Diagrammen in einem Anheben des rechten Teils der Kurve A darstellen. Selbstverständlich wirken auf dieses weisse Licht ebenfalls das erste Beobachtungsfiler **9** sowie – je nach Einsatz – die zusätzlichen Beobachtungsfiler **10a ... 10c**. Um das weisse Licht nicht zu stark spektral zu absorbieren, kann daher beispielsweise vorgesehen sein, dass das erste Beobachtungsfiler **9** (Absorptionscharakteristik C) im mittleren Wellenlängen-Bereich nicht völlig absorbierend ist, sondern einen Teil des Lichts auch im mittleren Wellenlängenbereich durchlässt. Auf eine solche Massnahme würden jedoch die zusätzlichen Beobachtungsfiler **10a ... 10c** gemäss den **Fig. 2** keinen Einfluss nehmen. D. h. die Wahrnehmbarkeit des Beleuchtungslichts im mittleren Wellenlängenbereich würde vergleichbar dem Emissionslicht (F) eher konstant bleiben. Bei einem Aufbau gemäss **Fig. 3a ... b** würde sich jedoch auch dieser Spektralbereich in seiner Sichtbarkeit regeln lassen (Kontrastanpassung relativ zum Emissionslicht der Fluoreszenzerscheinung).

[0124] Bevorzugt wird das erste Beobachtungsfiler **9** als Interferenzfilter ausgebildet. Weiter bevorzugt wird das zumindest zweite Beobachtungsfiler **10a ... 10c** als in der Masse gefärbtes Filter (Farbglas- oder -Kunststofffilter) ausgebildet. Die zweiten Beobachtungsfiler **10a ... 10c** weisen daher wesentlich geringere Herstellungskosten auf als das erste Beobachtungsfiler **9**.

[0125] Abschliessend wird angemerkt, dass die aufgezeigten Varianten des erfindungsgemässen Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskops **1** nur einen Ausschnitt aus den vielen Möglichkeiten darstellen, und nicht dazu herangezogen werden sollen, den Anwendungsbereich der Erfindung zu limitieren. Selbstverständlich können die dargestellten Varianten beliebig kombiniert und abgeändert werden. Beispielsweise kann die Lehre aus den **Fig. 2a ... Fig. 2c** und **Fig. 3a ... b** kombiniert werden, indem zum Beispiel Filter **10a ... 10b** mit den Transmissionskurven Da ... Dc und Dd kombiniert werden.

[0126] Anstelle getrennter erster Beobachtungsfiler **9** und zweiter Beobachtungsfiler **10a ... 10c** können kann auch ein einziges, kombiniertes Filter eingesetzt werden, das beispielsweise als Interferenzfilter (für die Funktion des ersten Beobachtungsfilters) mit gleichzeitig in der Masse gefärbten (für die Funktion des zweiten Filters) Glases aufgebaut ist. Beispielsweise wird dazu die Transmissionskurve C des ersten Beobachtungsfilters **9** mit der Transmissionskurve Da des zweiten Beobachtungsfilters **10a** kombi-

niert, um so zu einem ersten Kombinationsfilter zu gelangen. Selbstverständlich müssen dann erfindungsgemäss wenigstens zwei unterschiedliche Kombinations-Beobachtungsfiler **9** vorgesehen sein. Desgleichen könnte beispielsweise die Transmissionskurve C des ersten Beobachtungsfilters **9** mit der Transmissionskurve Db des zweiten Beobachtungsfilters **10b** kombiniert werden, um zu einem zweiten Kombinationsfilter zu gelangen usw.

[0127] Für den Fachmann sollte es ein Leichtes sein, die Erfindung basierend auf den hier dargestellten Überlegungen auf seine Bedürfnisse anzupassen, ohne dabei den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen. Darüber hinaus wird darauf hingewiesen, dass Teile der in den Figuren dargestellten Vorrichtungen auch die Basis für unabhängige Erfindungen bilden können. Insbesondere wird angemerkt, dass die Erfindung – wie schon erwähnt wurde – nicht auf ein Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop alleine beschränkt ist. Die Grundidee kann auch ausserhalb des Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop-Baus sinnvoll angewendet werden. Insofern kann in den Ansprüchen und zugehörigen Beschreibungsteilen anstelle der Bezeichnung „Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop“ auch nur „Mikroskop, oder Vergrösserungs-Vorrichtung“ gelesen werden. D. h. die Erfindung umfasst auch Lupenbrillen wie beispielsweise gemäss der DE 10 2007 034 936 A1 (hier würde zusätzlich zu den Beobachtungsfilern (**6**) erfindungsgemässe zweite Beobachtungsfiler **10** montiert werden) o. dgl. sofern sie aufgrund ihrer speziellen Ausgestaltung wahlweise der Fluoreszenzbeobachtung und/oder der Operation dienen. Die Patentansprüche sind dementsprechend breit auszulegen. In Ausnahmefällen werden durch die Erfindung auch monoskopische Vergrösserungs-Vorrichtungen umfasst (z. B. bei Endoskopen). Die Fluoreszenz-Operationsmikroskopie ist – abgesehen davon und wie bekannt – beispielsweise auch in der Biologie oder auf technischem Gebiet anwendbar, z. B. in der Mineralogie oder Forensik.

[0128] Alternativ können zum wahlweisen Austausch des Anregungsfilters **3** auch Beleuchtungsfiler vorgesehen sein, die der Verbesserung der Operationsmikroskop-Beleuchtung dienen. Solche Beleuchtungsfiler könnten bei Bedarf auch vor der zweiten Beleuchtungseinrichtung **12** vorgesehen sein.

[0129] Die Merkmale der Ansprüche 11 bis 15 dienen symbiotisch mit den übrigen Merkmalen der vorhergehenden Ansprüche der Optimierung der Anwendermöglichkeiten für das Operationsmikroskop. Da sie sich – wie an sich bekannt – mit der Optimierung der Beleuchtung beschäftigen, kann durch sie sichergestellt werden, dass das Objektfeld **7** optimal beleuchtet/angeregt wird und demzufolge die Kontrastwahl durch die ersten und zweiten Beobachtungsfiler (**9, 10**) optimal getroffen werden kann.

Bezugszeichenliste

1	Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop nur schematisch mit nur einem Beobachtungsstrahlengang 21 dargestellt.
2	erste Beleuchtungseinrichtung
3	Anregungsfilter
4	Beleuchtungsoptik
5	erstes Umlenkprisma
6	Hauptobjektiv
7	zu untersuchendes Objekt bzw. Objektfeld
8	Mikroskopoptik, z. B. Zoom o. dgl.
9	erster Beobachtungsfilter im Beobachtungsstrahlengang 21
10a ... 10c	zweite Beobachtungsfilter im Beobachtungsstrahlengang 21
11	Sensor
12	zweite Beleuchtungseinrichtung (für reine Operationsbeleuchtung) oder zusätzlicher (zur Verstärkung einer Operationsbeleuchtung oder zur Verstärkung einer Anregungsbeleuchtung oder zur Verstärkung einer Hintergrundbeleuchtung)
13	zweite Beleuchtungsoptik für die zweite Beleuchtungseinrichtung 12
14	zweites Umlenkprisma für den zweiten Beleuchtungsstrahlengang 22
20	Erster Beleuchtungsstrahlengang
21	Beobachtungsstrahlengang
22	Zweiter alternativer (für reine Operationsbeleuchtung) oder zusätzlicher (zur Verstärkung einer Operationsbeleuchtung oder zur Verstärkung einer Anregungsbeleuchtung oder zur Verstärkung einer Hintergrundbeleuchtung) Beleuchtungsstrahlengang
23	Stereo-Tubus
24	Strahlenteiler
25	Handschalter für Filteransteuerung
26	Fussschalter für Filteransteuerung
27	Kommunikations-/Steuerleitungen
100	Antriebseinheit, motorisch, elektromechanisch, manuell
200	Steuereinheit, z. B. PC o. dgl.
300	Speicher-, Eingabeeinheit
400	Video-Bildverarbeitungseinheit
500	Display

A	Kurve des Emissionsspektrums der ersten Beleuchtungseinrichtung
B	Transmissionskurve bzw. Transmissionscharakteristik des Anregungsfilters 3
C	Transmissionskurve bzw. Transmissionscharakteristik des ersten Beobachtungsfilters 9
Da ... Dd	Transmissionskurve bzw. Transmissionscharakteristik des zweiten Beobachtungsfilters 10
E	Kurve des reflektierten und sichtbaren Anregungs-Wellenlängen-Bereichs
F	Kurve des emittierten und sichtbaren Fluoreszenz-Wellenlängen-Bereichs (Emissionslicht der Fluoreszenzerscheinung)

Patentansprüche

1. Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (**1**) zur Erkennung fluoreszierender Areale eines Objekts in einem Objektfeld (**7**), umfassend:

- eine erste Beleuchtungseinrichtung (**2**), welche in einem Anregungs-Betriebszustand das Objektfeld (**7**) über wenigstens einen Beleuchtungsstrahlengang (**20, 22**) mit Licht in einem Anregungs-Wellenlängenbereich (E) bestrahlt, und welche in einem Operations-Betriebszustand das Objektfeld (**7**) über den wenigstens einen Beleuchtungsstrahlengang (**20, 22**) mit Licht in einem Beleuchtungs-Wellenlängenbereich bestrahlt,
- einen Beobachtungsstrahlengang (**21**) zur Führung des vom Objektfeld (**7**) empfangenen Reflexions- und Emissions-Lichts und
- einen ersten Beobachtungsfilter (**9**) im Beobachtungsstrahlengang (**21**), welcher in dem Anregungs-Wellenlängenbereich (E) und in einem Emissions-Wellenlängenbereich (F) transparent ist, gekennzeichnet durch
- wenigstens ein zweites im Beobachtungsstrahlengang (**21**) wahlweise anordenbares Beobachtungsfilter (**10a ... 10c**), welches für Licht im Anregungswellenlängen-Bereich zumindest teilweise absorbierend ist, zur steuerbaren Abschwächung und/oder steuerbaren Spektralvariation des für einen Beobachter sichtbaren Lichts im Anregungs-Wellenlängenbereich (E), wobei das zweite Beobachtungsfilter (**10a ... 10c**) für das Emissions-Licht (F) voll transparent ist,
- und dadurch, dass der ersten Beleuchtungseinrichtung (**2**) eine zweite Beleuchtungseinrichtung (**12**), welche in einem von der ersten Beleuchtungseinrichtung (**2**) unterschiedlichen abweichenden und/oder breiteren zweiten Wellenlängenbereich emittiert, zuschaltbar ist, oder dass diese zweite Beleuchtungseinrichtung (**12**) alternativ zur ersten Beleuchtungseinrichtung (**2**) einschaltbar ist.

2. Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem wenigstens zweiten Beobachtungsfiler (10a ... 10c) zumindest ein zusätzliches alternativ oder kumulativ zuschaltbares Beobachtungsfiler (10b, 10c) zur Seite gestellt ist, welches für Licht im Anregungs-Wellenlängenbereich (E) – mit gleicher oder unterschiedlicher Absorptionscharakteristik wie der erstgenannte zweite Beobachtungsfiler (10a) – zumindest teilweise absorbierend ist.

3. Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (1) nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch mehrere zusätzliche, wahlweise einsetzbare Beobachtungsfiler (10a ... 10c), welche im Anregungs-Wellenlängenbereich (E) eine relativ zueinander jeweils unterschiedliche Transmissionscharakteristik für Licht aufweisen (Da ... Dc).

4. Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, gekennzeichnet durch mehrere zusätzliche, wahlweise einsetzbare Beobachtungsfiler (10a ... 10c), welche im Anregungs-Wellenlängenbereich (E) eine gleiche Transmissionscharakteristik (Dd) für Licht aufweisen und additiv zuschaltbar sind.

5. Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch wenigstens ein Anregungsfiler (3) in wenigstens einem der Beleuchtungsstrahlengänge (20, 22), welches in dem Anregungs-Wellenlängenbereich (E) transparent, im Emissions-Wellenlängenbereich (F) jedoch absorbierend ist.

6. Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Anregungsfiler (3) eine Hochpass-Charakteristik/Tiefpass-Charakteristik und das zumindest eine zweite Beobachtungsfiler (10a ... 10c) eine Tiefpass-Charakteristik/Hochpass-Charakteristik entsprechend den Fig. 2a ... c und Fig. 3a ... b aufweist.

7. Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Beobachtungsfiler (9) als Interferenzfiter und das zumindest zweite Beobachtungsfiler (10a ... 10c) als in der Masse gefärbtes Farbglas- oder -Kunststofffiter ausgebildet ist.

8. Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch
– videogestützte Bildverarbeitungs-Mittel (400) zum automatischen Auswerten des vom Objektfeld (7) auf einem Bildsensor (11) empfangenen Lichts hinsichtlich des Kontrastes zwischen reflektierten Lichtanteilen im Anregungs-Wellenlängenbereich (E) und emittierten Lichtanteilen im Emissions-Wellenlängenbereich (F) und

– Steuermittel (100, 200) zum automatischen Ansteuern des wenigstens einen zweiten Beobachtungsfilters (10a ... 10c) bzw. der zusätzlichen Beobachtungsfiler (10a ... 10c) derart, dass ein elektronisch vorgebarbarer Kontrast erreicht wird.

9. Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine im Hinblick auf das wenigstens zweite Beobachtungsfiler (10a ... 10c) gewählte Einstellung in einer Speichereinheit (300) speicherbar und wiederaufrufbar ist.

10. Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der ersten Beleuchtungseinrichtung (2) und der zweiten Beleuchtungseinrichtung (12) wahlweise je ein Anregungsfiler (3) nachschaltbar ist.

11. Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der ersten Beleuchtungseinrichtung (2) und der zweiten Beleuchtungseinrichtung (12) alternativ zum Anregungsfiler (3) je ein unterschiedliches Beleuchtungsfiler zur Darstellung einer insgesamt optimierten Weisslichtbeleuchtung nachschaltbar ist.

12. Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass alle Anregungs- (3) Beleuchtungs- und Beobachtungsfiler (9, 10) mittels Antriebseinheit (100) elektromechanisch in den jeweiligen Strahlengang (20, 21, 22) einschalt- bzw. aus diesem entfernbar sind und dass für die Ansteuerung der Elektromechanik eine Steuereinheit (200) vorgesehen ist, die über eine Eingabeeinheit (300) programmierbar ist

13. Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (1) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit über gespeicherte voreingestellte Sicherheitssettings zur Reduktion des Light Hazards verfügt.

14. Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass beide Beleuchtungseinrichtungen (2, 12) vom Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (1) entfernt angeordnet sind und mit diesem mittels je einem Lichtwellenleiter verbunden sind, der über je eine erste bzw. zweite Beleuchtungsoptik (4, 13) und über je ein Umlenkprisma (5, 14) gegen das Objektfeld (7) gerichtet ist.

15. Fluoreszenz-Operations-Stereomikroskop (1) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass eines der beiden Umlenkprismen (5, 14) zwischen

einem Hauptobjektiv (6) und dem Objektfeld (7) angeordnet ist, während das andere Umlenkprisma (5) zwischen dem Hauptobjektiv (6) und dem dem Objektfeld (7) abgelegenen Ende des Beobachtungsstrahlengangs (21) angeordnet ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

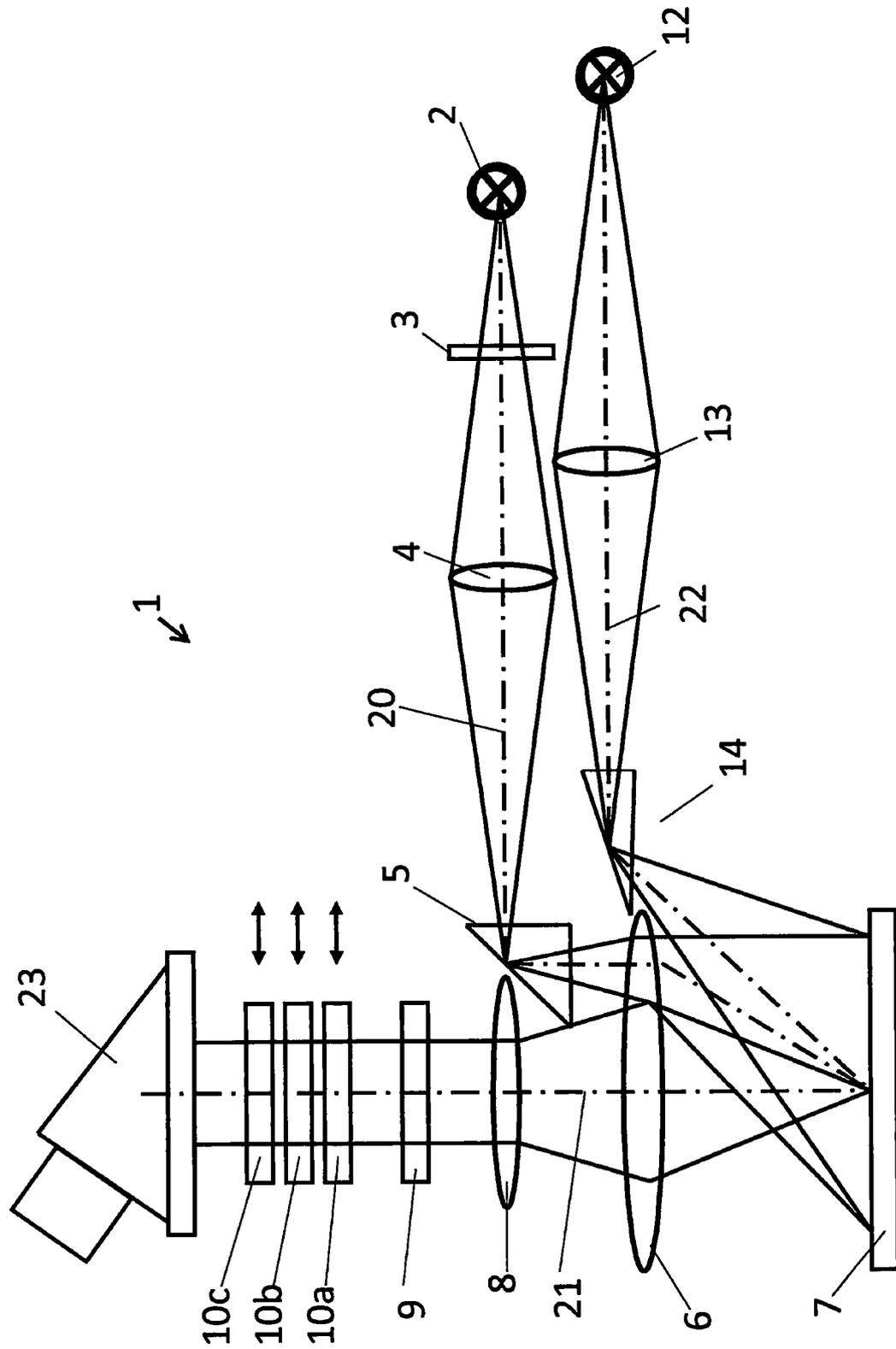


Fig. 1

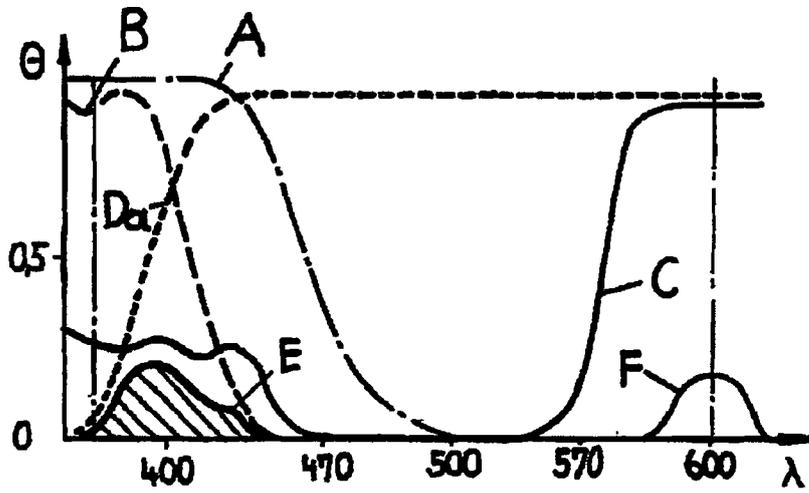


Fig. 2a

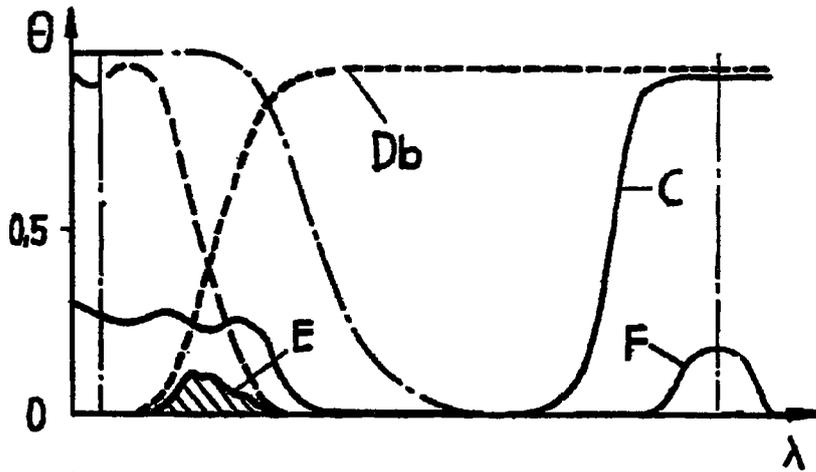


Fig. 2b

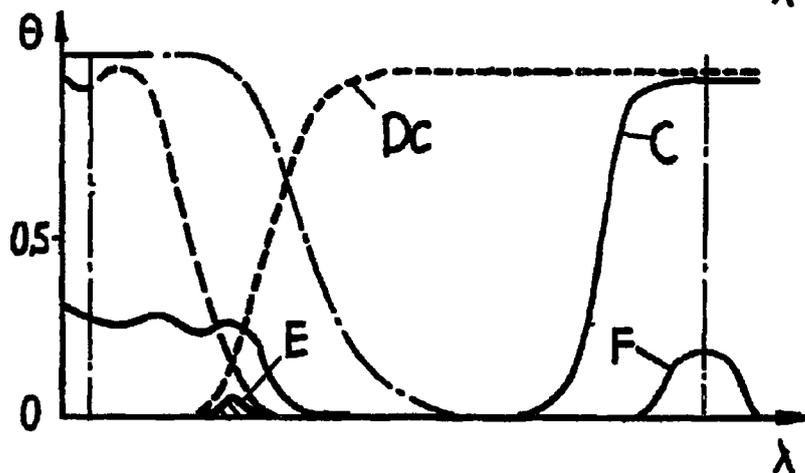


Fig. 2c

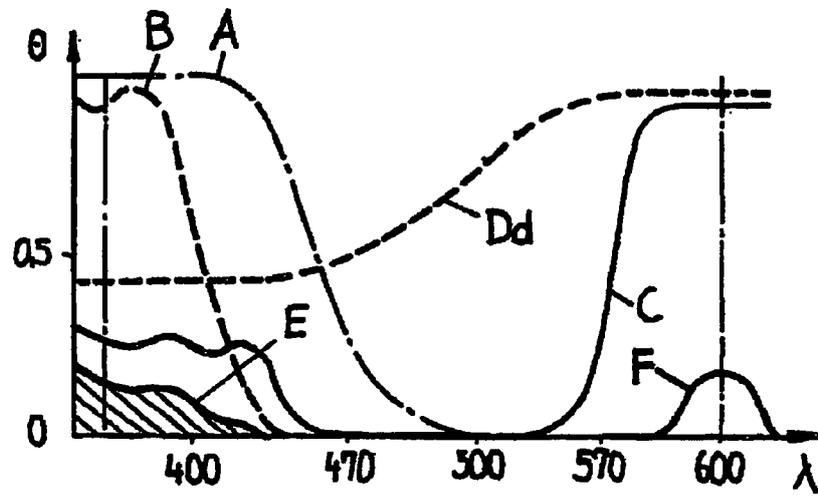


Fig. 3a

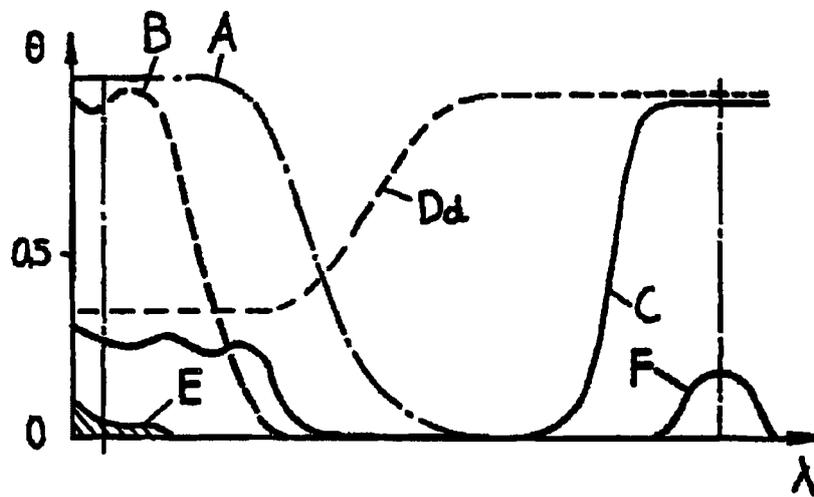


Fig. 3b

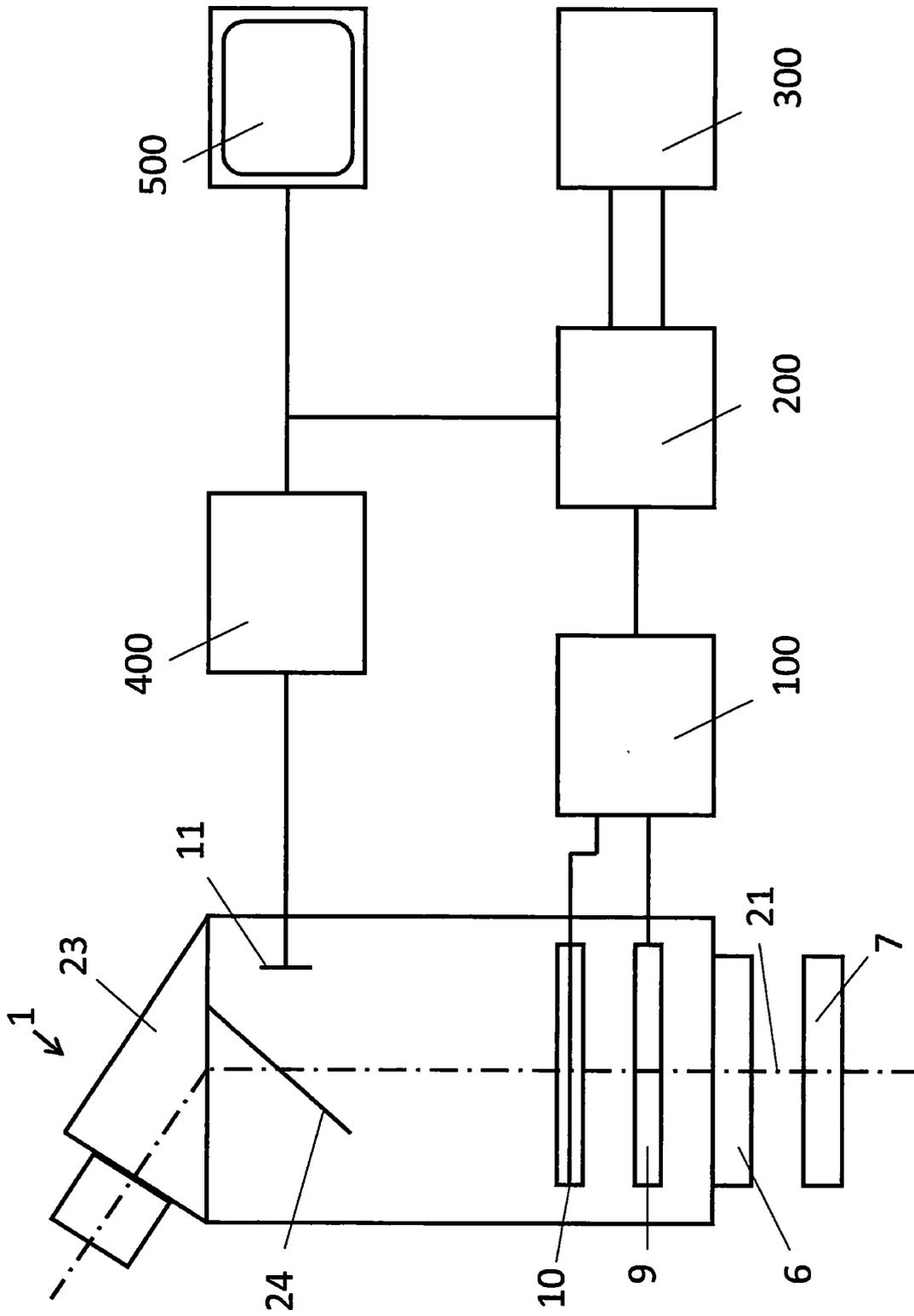


Fig. 4

