

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. Mai 2024 (16.05.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/100052 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/081018

(22) Internationales Anmeldedatum:
07. November 2023 (07.11.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2022 129 663.6
09. November 2022 (09.11.2022) DE

(71) Anmelder: **CARL ZEISS MEDITEC AG** [DE/DE];
Göschwitzer Straße 51-52, 07745 Jena (DE).

(72) Erfinder: **REGENSBURGER, Alois**; c/o Carl Zeiss Meditec AG, Göschwitzer Strasse 51 – 52, 07745 Jena (DE). **SAUR, Stefan**; c/o Carl Zeiss Meditec AG, Göschwitzer Strasse 51 – 52, 07745 Jena (DE). **VOIGT, Christian**; c/o Carl Zeiss Meditec AG, Göschwitzer Strasse 51 – 52, 07745 Jena (DE). **YOU, Fang**; c/o Carl Zeiss Meditec AG, Göschwitzer Strasse 51 – 52, 07745 Jena (DE). **TROP-PENHAGEN, Franz**; c/o Carl Zeiss Meditec AG, Göschwitzer Strasse 51 – 52, 07745 Jena (DE).

(74) Anwalt: **PATERIS PATENTANWÄLTE PARTMBB**;
Danckelmannstr. 9, 14059 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,

(54) Title: METHOD FOR SUPERIMPOSING A SUPERIMPOSED IMAGE, COMPUTER-IMPLEMENTED METHOD FOR OPTIMIZING THE PROCESS OF SUPERIMPOSING A SUPERIMPOSED IMAGE, COMPUTER PROGRAM, DATA PROCESSING UNIT, AND OPTICAL MONITORING SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM EINBLENDEN EINES EINBLENDBILDES, COMPUTERIMPLEMENTIERTES VERFAHREN ZUM OPTIMIEREN DES EINBLENDENS EINES EINBLENDBILDES SOWIE COMPUTERPROGRAMM, DATENVERARBEITUNGSEINHEIT UND OPTISCHES BEOBACHTUNGSSYSTEM

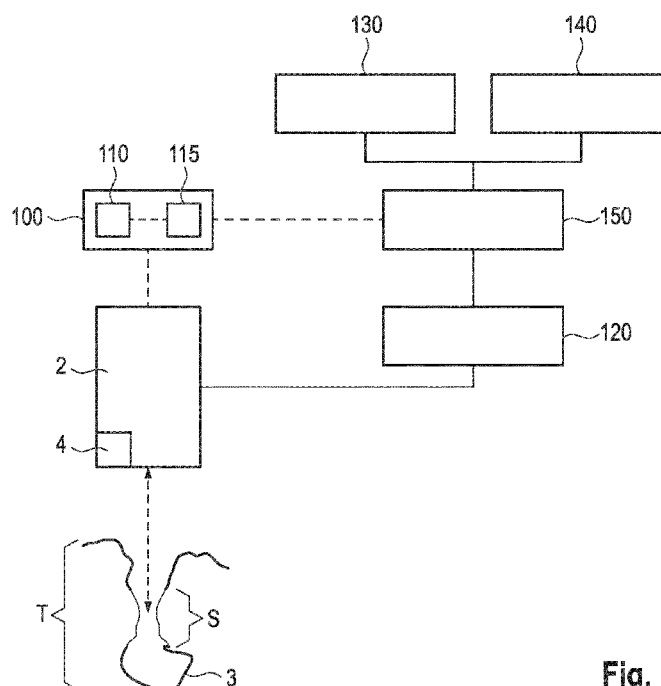


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an optical monitoring system and to a method for superimposing a superimposed image which displays at least one digital 2D or 3D object (200) onto an object image which is captured by an optical monitoring device (2, 2') and which images a monitored object (3). The monitored object (3) in the object image is imaged using at least one image property which at least co-determines the imaging process. At least one imaging property of the object image is ascertained. Prior to superimposing the superimposed image onto the object image, at least one adaptation process of the following group of adaptation processes is then



WO 2024/100052 A2

GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

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

carried out: - adapting at least one imaging property of the object image to at least one display property of the superimposed image on the basis of the at least one ascertained imaging property, and - adapting at least one display property of the superimposed image to the at least one ascertained imaging property of the object image. The at least one imaging property is at least one of the following group of imaging properties: (a) the position of the focal plane of the image, (b) the extent of the depth of field of the image, and (c) the extent of the disparity interval with which the monitored object (3) is displayed in the event of a stereoscopic object image.

(57) Zusammenfassung: Es werden ein optisches Beobachtungssystem und ein Verfahren zum Einblenden eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt (200) darstellenden Einblendbildes in ein mit einem optischen Beobachtungsgerät (2, 2') gewonnenes und ein Beobachtungsobjekt (3) abbildendes Objektbild zur Verfügung gestellt, wobei die Abbildung des Beobachtungsobjekts (3) im Objektbild mit wenigstens einer die Abbildung zumindest mitbestimmenden Abbildungseigenschaft erfolgt. Es wird wenigstens eine Abbildungseigenschaft des Objektbildes ermittelt. Vor dem Einblenden des Einblendbildes in das Objektbild wird dann wenigstens eine Anpassung aus der Gruppe der folgenden Anpassungen vorgenommen wird: - Anpassung wenigstens einer Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes auf der Basis der wenigstens einen ermittelten Abbildungseigenschaft, - Anpassung wenigstens einer Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes. Die wenigstens eine Abbildungseigenschaft ist wenigstens eine aus der folgenden der folgenden Gruppe von Abbildungseigenschaften: (a) die Lage der Fokusebene der Abbildung, (b) die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs der Abbildung, (c) die Ausdehnung des Disparitätsintervalls, mit dem das Beobachtungsobjekt (3) im Falle eines stereoskopischen Objektbildes dargestellt wird.

**Verfahren zum Einblenden eines Einblendbildes,
computerimplementiertes Verfahren zum Optimieren des Einblendens
eines Einblendbildes sowie Computerprogramm,
5 Datenverarbeitungseinheit und optisches Beobachtungssystem**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einblenden eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt darstellenden Einblendbildes in ein mit einem optischen Beobachtungsgerät gewonnenes und ein
10 Beobachtungsobjekt abbildendes Objektbild. Daneben betrifft die Erfindung ein optisches Beobachtungssystem mit einem optischen Beobachtungsgerät zum Erzeugen eines Objektbildes von einem Beobachtungsobjekt, einer Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung zum Erzeugen eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt darstellenden Einblendbildes und einer
15 Einblendvorrichtung zum Einblenden des Einblendbildes in das Objektbild, um das wenigstens eine digitale 2D- oder 3D-Objekt dem in dem Objektbild dargestellten Beobachtungsobjekt zu überlagern. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein computerimplementiertes Verfahren zum Optimieren des Einblendens eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt darstellenden
20 Einblendbildes in ein mit einem optischen Beobachtungsgerät gewonnenes und ein Beobachtungsobjekt abbildendes Objektbild sowie ein Computerprogramm zum Optimieren des Einblendens eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt darstellenden Einblendbildes in ein mit einem optischen Beobachtungsgerät gewonnenes und ein Beobachtungsobjekt
25 abbildendes Objektbild und ein Datenverarbeitungssystem zum Optimieren des Einblendens eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt darstellenden Einblendbildes in ein mit einem optischen Beobachtungsgerät gewonnenes und ein Beobachtungsobjekt abbildendes Objektbild.

Stereomikroskope wie etwa analoge oder digitale Operationsmikroskope sollen einen möglichst guten 3D-Eindruck des abgebildeten Beobachtungsobjekts bieten und sollen auch bei langen Behandlungsdauern dem Chirurgen eine angenehme und möglichst ermüdungsfreie Betrachtung des Beobachtungsobjekts ermöglichen. Hierzu ist es erforderlich, dass ein 3D-Eindruck des abgebildeten Objekts entsteht, der zu einer möglichst natürlichen 3D-Wahrnehmung führt. Eine natürliche 3D-Wahrnehmung ist jedoch nicht immer leicht zu erzielen. Beispielsweise erfordert die Darstellung eines nahe vor den Augen befindlichen Objekts auf einem Display mittels stereoskopischer Teilbilder eine große Disparität des Objekts in den stereoskopischen Teilbildern. Die Disparität gibt dabei die Positionsdivergenz des Objekts in dem einen Teilbild relativ zur Position desselben Objekts in dem anderen Teilbild an, die dazu führt, dass das das rechte Teilbild betrachtende rechte Auge und das linke Teilbild betrachtende linke Auge das Objekt unter einem unterschiedlichen Betrachtungswinkel sehen. Solange sich die die Teilbilder darbietenden Displays im Nahsichtbereich des Auges befinden und das Auge auf den Nahbereich fokussiert ist, stimmt die Akkommodation des Auges mit dem durch die Disparität gegebenen Objektstand überein. Wenn die stereoskopischen Teilbilder dagegen auf einem Bildschirm mit einem relativ großen Abstand zum Auge dargeboten werden, sind die Augen an die Ferne akkommodiert, obwohl das mit der großen Disparität dargestellte Objekt nahe vor den Augen wahrgenommen wird. Dieselbe Situation tritt auf, wenn die Teilbilder nahe vor dem Auge dargeboten und mit einem Okular nach Unendlich abgebildet werden, um sie mit entspannten Augen, d.h. mit an die Ferne akkommodierten Augen, betrachten zu können, wie dies beispielsweise auch in rein optischen Operationsmikroskopen der Fall ist. Die Diskrepanz zwischen der Akkommodation der Augen, also dem physiologischen Zustand der Augen, und der wahrgenommenen Objektentfernung ist für die Augen anstrengend und kann daher zu einem schnelleren Ermüden des Betrachters führen. Je ausgeprägter diese Diskrepanz ist, desto rascher ermüden die Augen. Eine weitere Diskrepanz ergibt sich für die Winkelstellung der Augen, die sog. Vergenz. Die Winkelstellung der Augen beim Akkommodieren an ein Objekt in der Ferne unterscheidet sich von der Winkelstellung der Augen beim Akkommodieren an ein Objekt in der Nähe. Wenn nun ein 3D-Objekt, das auf

5 einem entfernt angeordneten Monitor angezeigt oder mit einem Okular nach Unendlich abgebildet wird, nahe vor den Augen dargestellt wird, erfolgt die Betrachtung dieses Objekts mit einer Vergenz, die dem Blick in die Ferne entspricht, nicht aber dem Blick in die Nähe. Auch dies stellt eine Diskrepanz zwischen dem physiologischen Zustand der Augen, und der wahrgenommenen Objektentfernung dar, die zu einem schnelleren Ermüden des Betrachters führen kann.

10 Die Akkommodation der Augen und die Vergenz der Augen sind Beispiele für physiologische Tiefenhinweise, die neben dem durch die Disparität der Objektdarstellung in den stereoskopischen Einblendbildern bestimmten stereoskopischen Tiefeneindruck vorliegen. Es existiert ein gewisser „Komfortbereich“ für stereoskopische Tiefeneindrücke, der nicht oder zumindest nicht dauerhaft überschritten werden soll, um keine zu große Diskrepanz zwischen der Akkommodation der Augen und insbesondere der Vergenz der Augen einerseits und dem stereoskopischen Tiefeneindruck andererseits entstehen zu lassen. Dieser Komfortbereich wird auch Stereokomfortzone genannt. Ein Verlassen der Stereokomfortzone kann zu einem schnelleren Ermüden des Betrachters führen.

20 Eine weitere Diskrepanz zwischen der natürlichen 3D-Wahrnehmung und der Wahrnehmung einer 3D-Szene in einem stereoskopischen Bild kann entstehen, wenn eine in einem stereoskopischen Bild dargestellte 3D-Szene mit nahen und fernen Objekten über den gesamten Tiefenbereich scharf dargestellt ist. In der Regel können bei einer natürlichen 3D-Wahrnehmung nahe Objekte und ferne Objekte nämlich nicht gleichzeitig scharf 25 wahrgenommen werden. Auch diese Diskrepanz kann zu einem rascheren Ermüden des Betrachters führen.

Ebenso führen bspw. fehlende oder falsche Schatten in einer in einem stereoskopischen Bild dargestellten 3D-Szene zu einer Diskrepanz zwischen der natürlichen 3D-Wahrnehmung und der Wahrnehmung der 3D-Szene im stereoskopischen Bild.

Insbesondere, wenn in ein stereoskopisches Bild 2D- oder 3D-Objekte eingeblendet werden sollen, besteht das Risiko, dass es dadurch zu einer

Diskrepanz zwischen der natürlichen 3D-Wahrnehmung und der Wahrnehmung der 3D-Szene in einem stereoskopischen Bild oder zu einem Verlassen der Stereokomfortzone und dadurch zu einer raschen Ermüdung des Betrachters kommt. Es gibt daher Bestrebungen, die Diskrepanz zwischen der natürlichen 3D-Wahrnehmung und der Wahrnehmung einer 3D-Szene in einem stereoskopischen Bild zu verringern.

In Kalia, M., Schulte zu Berge, C., Roodaki, H., Chakraborty, C., Navab, N. (2016), Interactive Depth of Focus for Improved Depth Perception. In: Zheng, G., Liao, H., Jannin, P., Cattin, P., Lee, S.L. (eds) Medical Imaging and Augmented Reality. MIAR 2016. Lecture Notes in Computer Science, vol 9805. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43775-0_20 ist die Verbesserung der Tiefenwahrnehmung von in ein Mikroskopbild eingeblendeten 3D-Objekten beschrieben. Zur Verbesserung der Tiefenwahrnehmung werden 3D-Objekte je nach Objektabstand mit unterschiedlichen Graden an Unschärfe versehen.

Die US 10262453 B2 schlägt vor, ein digitales Objekt, das in ein mit einer laparoskopischen oder endoskopischen Kamera gewonnenes Bild eingeblendet werden soll, mit einem digitalen Schatten zu versehen.

Aus WO 2007/120351 A2 ist ein robotisches Chirurgiesystem bekannt, das einen ersten Empfänger und einen zweiten Empfänger zum Empfang einer graphischen Darstellung umfasst. Aus den empfangenen stereoskopischen Teilbildern erstellt das robotische Chirurgiesystem eine Disparitätskarte. Anhand der Disparitätskarte ermittelt das System dann, in welcher Tiefe die graphische Darstellung eingeblendet werden soll.

Aus WO 2021/149056 A1 ist ein System für elektronisch assistierte chirurgische Prozeduren bekannt, in dem während einer ophthalmologischen medizinischen Prozedur ein digitales stereoskopisches Einblendbild mit einer bestimmten Disparität in ein intraoperatives stereoskopisches Bild eines Beobachtungsobjekts eingeblendet wird. Die Disparität wird dabei anhand eines Vergleiches der stereoskopischen Teilbilder des intraoperatives stereoskopischen Bild ermittelt.

Die Offenlegungsschriften DE 10 2014 210 121 A1, US 2015/0346472 A1 und WO 2013/103870 A1 beschreiben das Erstellen von Tiefenkarten mittels Time of Flight-Sensoren (DE 10 2014 210 121 A1 und US 2015/0346472 A1) oder aus stereoskopische Bildern (WO 2013/103870 A1).

- 5 Die im zitierten Stand der Technik genannten Maßnahmen sind zum Teil geeignet, die Diskrepanz zwischen der natürlichen 3D-Wahrnehmung und der Wahrnehmung der 3D-Szene in einem stereoskopischen Bild mit einem eingblendeten Objekt zu verringern. Dennoch ist es wünschenswert, die Diskrepanz zwischen der natürlichen 3D-Wahrnehmung und der Wahrnehmung der 3D-Szene in einem stereoskopischen Bild mit einem eingblendeten Objekt weiter zu verringern.

- Es ist daher eine erste Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Einblenden eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt darstellenden Einblendbildes in ein mit einem optischen Beobachtungsgerät gewonnenes und ein Beobachtungsobjekt abbildendes Objektbild zur Verfügung zu stellen, das im Hinblick auf ein möglichst ermüdungsfreies Arbeiten optimiert ist.

- Darüber hinaus ist es eine zweite Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein ein optisches Beobachtungsgerät umfassendes optisches Beobachtungssystem zur Verfügung zu stellen, das ein möglichst ermüdungsfreies Arbeiten ermöglicht.

- Weiterhin ist es eine dritte Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein computerimplementiertes Verfahren, ein Computerprogramm und ein Datenverarbeitungssystem zum Optimieren des Einblendens eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt darstellenden Einblendbildes in Hinblick auf ein möglichst ermüdungsfreies Arbeiten zur Verfügung zu stellen.

- Die erste Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 und ein Verfahren nach Anspruch 7 gelöst, die zweite Aufgabe durch ein optisches Beobachtungssystem nach Anspruch 12 und ein optisches Beobachtungssystem nach Anspruch 18 und die dritte Aufgabe durch ein computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 23 und ein computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 26, ein

Computerprogramm nach Anspruch 27 sowie ein Datenverarbeitungssystem nach Anspruch 28. Die abhängigen Ansprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

5 Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Einblenden eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt darstellenden Einblendbildes in ein mit einem optischen Beobachtungsgerät gewonnenes und ein Beobachtungsobjekt abbildendes Objektbild zur Verfügung gestellt. Unter einem Objektbild soll hierbei ein ausschließlich mit dem optischen Beobachtungsgerät gewonnenes, das Beobachtungsobjekt zeigendes Bild zu
10 verstehen sein. Das Einblendbild und das Objektbild können hierbei jeweils ein monoskopisches oder insbesondere ein stereoskopisches Bild sein, solange das überlagerte Bild ein stereoskopisches Bild ist. Die Abbildung des Beobachtungsobjekts im Objektbild erfolgt dabei mit wenigstens einer die Abbildung zumindest mitbestimmenden Abbildungseigenschaft. Wenigstens
15 eine Abbildungseigenschaft des Objektbildes wird ermittelt, und vor dem Einblenden des Einblendbildes in das Objektbild wird wenigstens eine Anpassung aus der Gruppe der folgenden Anpassungen vorgenommen:

- Anpassung wenigstens einer Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes auf der
20 Basis der wenigstens einen ermittelten Abbildungseigenschaft. Beispiele für Darstellungseigenschaften des Einblendbildes sind die Farbdarstellung des wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts, die Darstellung des gesamten Objekts oder nur von Teilen davon, die Schärfe der Darstellung des wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-
25 Objekts oder von Teilen davon, der Transparenzgrad des wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts oder von Teilen davon, die Disparität, mit der das digitale 2D- oder 3D-Objekt in den stereoskopischen Einblendteilbildern dargestellt wird, die Ausdehnung des Disparitätsintervalls, über das sich die Einblendung des 3D-Objekt
30 den stereoskopischen Einblendteilbildern erstreckt, etc.
- Anpassung wenigstens einer Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes. Die Anpassung der wenigstens einen

Darstellungseigenschaft des Einblendbildes kann dabei insbesondere auch direkt beim Erstellen des Einblendbildes erfolgen. Alternativ oder zusätzlich kann die Anpassung oder eine weitere Anpassung an einem bereits erstellten Einblendbild erfolgen.

- 5 In dem erfindungsgemäßen Verfahren ist die wenigstens eine Abbildungseigenschaft wenigstens eine aus der folgenden der folgenden Gruppe von Abbildungseigenschaften: (a) die Lage der Fokusebene der Abbildung, (b) die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs der Abbildung, also die Ausdehnung desjenigen Tiefenbereiches im Beobachtungsobjekt, der im Objektbild scharf dargestellt ist, (c) die Ausdehnung des Disparitätsintervalls, mit dem das Beobachtungsobjekt im Falle eines stereoskopischen Objektbildes dargestellt wird. Hierbei kann die wenigstens eine Abbildungseigenschaft insbesondere die Abbildungseigenschaft (b) und/oder die Abbildungseigenschaft (c) sein bzw. umfassen. Die Ausdehnung des Disparitätsintervalls ist dabei durch die Differenz der Disparität des am nächsten dargestellten Teils des Beobachtungsobjekts und der Disparität des am entferntesten dargestellten Teils des Beobachtungsobjekts gegeben.

Die Abbildungseigenschaft, die bei der Anpassung wenigstens einer Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes angepasst wird, kann die / eine der ermittelte(n) Abbildungseigenschaft(en) oder eine andere Abbildungseigenschaft sein. Mit anderen Worten heißt das, dass die Abbildungseigenschaft, die bei der Anpassung wenigstens einer Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes angepasst wird, dabei nicht zwingend die ermittelte Abbildungseigenschaft sein muss. Bspw. kann die Lage der Fokusebene der Abbildung angepasst werden, um den Tiefenschärfenbereich mit der ermittelten Ausdehnung zu verschieben, ohne die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs zu verändern.

- 30 Wenn das Objektbild ein stereoskopische Teilbilder aufweisendes stereoskopisches Objektbild ist und die wenigstens eine Abbildungseigenschaft des stereoskopischen Objektbildes die Ausdehnung des Disparitätsintervalls der stereoskopischen Objektteilbilder beinhaltet, und wenn das Einblendbild ein

stereoskopische Einblendtebilder aufweisendes stereoskopisches Einblendbild ist und die wenigstens eine Darstellungseigenschaft des stereoskopischen Einblendbildes die Ausdehnung des Disparitätsintervalls der stereoskopischen Einblendtebilder beinhaltet, kann im Rahmen des

5 erfindungsgemäßen Verfahrens vor dem Einblenden des stereoskopischen Einblendbilds in das stereoskopische Objektbild insbesondere wenigstens einer der folgenden Anpassungen vorgenommen werden: (i) Anpassung der Ausdehnung des Disparitätsintervalls des stereoskopischen Einblendbildes an die Ausdehnung des Disparitätsintervalls des stereoskopischen Objektbildes,

10 (ii) Anpassung der Ausdehnung des Disparitätsintervalls des stereoskopischen Objektbildes an die Ausdehnung des Disparitätsintervalls des stereoskopischen Einblendbildes.

Im Rahmen der vorliegenden Beschreibung ist ein digitales 3D-Objekt, im Folgenden auch kurz „3D-Objekt“, ein Objekt, das eine Tiefenausdehnung

15 aufweist. Zur Darstellung der Tiefenausdehnung sind unterschiedlichen Objektabschnitten des 3D-Objekts unterschiedliche Tiefenwerte (z-Werte) zugeordnet, die angeben, in welcher Tiefe eines stereoskopischen Objektbildes der entsprechende Objektabschnitt dargestellt werden soll. Für die Darstellung eines 3D-Objekts in einem stereoskopischen Bild, wird jedem

20 Tiefenwert eine Disparität zugeordnet. Ein digitales 2D-Objekt, im Folgenden auch kurz „2D-Objekt“, ist dagegen ein Objekt, das keine Tiefenausdehnung aufweist. Um das 2D-Objekt in einem stereoskopischen Objektbild in einer bestimmten Tiefenlage darzustellen, kann dem 2D-Objekt eine einziger, willkürlich gewählter und für alle Objektabschnitte gleichermaßen geltender

25 Tiefenwert (z-Wert) zugeordnet werden. Im erfindungsgemäßen Verfahren kann das 2D- oder 3D-Objekt bspw. ein präoperativ oder intraoperativ gewonnenes Bild sein, etwa ein MRT-Bild, ein Röntgenbild, ein Endoskopbild, ein Fluoreszenzbild, ein aus OCT-Daten gewonnenes Bild etc. Das 2D- oder 3D-Objekt kann aber auch eine Markierung oder eine reine Information oder

30 reine Daten sein wie bspw. Navigationshilfen, Markierungen von Tumorgrenzen, Markierungen anatomischer Strukturen, Informationen oder Daten zum Blutfluss, Informationen oder Daten zu im Objektbild zu erkennenden Strukturen, etc. Zudem kann das 2D- oder 3D-Objekt auch eine

Kombination aus einem präoperativ oder intraoperativ gewonnenen Bild und den genannten Markierungen und/oder Information sein.

Das Ermitteln wenigstens einer der genannten Abbildungseigenschaften in Verbindung mit dem Anpassen der wenigstens einen Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes und/oder wenigstens einer Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes, ermöglicht es, das Einblenden des 2D- oder 3D-Objekts in das Bild des Beobachtungsobjekts derart zu optimieren, dass eine Diskrepanz zwischen dem physiologischen Zustand der Augen und der wahrgenommenen Objektentfernung vermieden wird oder zumindest so weit reduziert wird, dass ein längeres ermüdungsfreies Arbeiten ermöglicht wird.

Das Verfahren kann außerdem einen Schritt des Vergleichens der wenigstens einen ermittelten Abbildungseigenschaft mit wenigsten einer vorgesehenen Darstellungseigenschaft des Einblendbildes umfassen, wobei die wenigstens eine Anpassung auf der Basis des Vergleichsergebnisses erfolgt. Die Darstellungseigenschaft des Einblendbildes bestimmt dabei die Darstellung, mit der das 2D- oder 3D-Objekt in das Objektbild eingeblendet werden soll. Mit Hilfe des Vergleichs kann eine Überprüfung dahingehend erfolgen, ob die Kombination der wenigstens einen ermittelten Abbildungseigenschaft mit der wenigstens einen vorgesehenen Darstellungseigenschaft in dem Objektbild mit dem eingeblendeten Einblendbild zu einer Diskrepanz zwischen dem physiologischen Zustand der Augen und der wahrgenommenen Objektentfernung führt. Die vorgesehene Darstellungseigenschaft des Einblendbildes, die mit der ermittelten Abbildungseigenschaft verglichen wird, muss dabei nicht mit der Darstellungseigenschaft identisch sein, die an die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes angepasst wird. Beispielsweise kann dabei wenigstens eine der folgenden Überprüfungen erfolgen:

(A) Überprüfung, ob die Schärfe, mit der das 2D- oder 3D-Objekt oder Teile desselben mit der Schärfe des Beobachtungsobjekts in derjenigen Darstellungstiefe, mit der das 2D- oder 3D-Objekts das Objektbild eingeblendet werden soll, übereinstimmt. Für die Durchführung des Vergleichs

kann jedes geeignete Maß für die Bildschärfe herangezogen werden. Als Maß für die Schärfe kann bspw. dienen, wie abrupt bei Kanten der Übergang von einem hellen zu einem dunklen Bildbereich erfolgt. Je abrupter der Übergang ist, desto schärfer ist der entsprechende Bildbereich dargestellt.

- 5 In einem Beispiel für die Überprüfung, ob die Schärfe, mit der das 2D- oder 3D-Objekt oder Teile desselben mit der Schärfe des Beobachtungsobjekts in derjenigen Darstellungstiefe, mit der das 2D- oder 3D-Objekts das Objektbild eingeblendet werden soll, übereinstimmt, kann als Darstellungseigenschaft des Einblendbildes wenigstens die vorgesehene Disparität, mit der ein 2D-
- 10 Objekt in das Objektbild eingeblendet werden soll, oder wenigstens die Ausdehnung des Disparitätsintervalls, über das sich die Einblendung eines 3D-Objekts in den stereoskopischen Einblendteilbildern erstrecken soll, mit der Abbildungseigenschaft „Ausdehnung des Tiefenschärfenbereiches der Abbildung“ mit der die Abbildung des Beobachtungsobjekts erfolgt, verglichen
- 15 werden. Die Disparität oder die Ausdehnung des Disparitätsintervalls, mit der das des 2D- bzw. 3D-Objekt in das Objektbild eingeblendet werden soll, bestimmt dabei die Tiefenlage des 2D- oder 3D-Objekt bzw. von Teilen desselben in Bezug auf das Beobachtungsobjekt. Falls der Vergleich bspw. ergibt, dass das 2D- oder 3D-Objekt oder ein Teil davon mit der vorgesehenen
- 20 Disparität scharf in einem Tiefenbereich des Beobachtungsobjekts dargestellt würde, in dem die Darstellung des Beobachtungsobjekts selbst unscharf ist, kann bspw. die Disparität bzw. das Disparitätsintervall des Einblendbildes so verändert werden, dass die Darstellung des 2D- oder 3D-Objekts in denjenigen Tiefenbereich verschoben wird, in dem das Beobachtungsobjekt
- 25 scharf dargestellt wird. Zusätzlich oder alternativ können die Abbildungseigenschaften des Objektbildes derart geändert werden, dass die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereiches, in dem das Beobachtungsobjekt scharf dargestellt wird, vergrößert wird. Weiter zusätzlich oder alternativ besteht die Möglichkeit, denjenigen Teil des 2D- oder 3D-Objekts, der in einem
- 30 Tiefenbereich dargestellt wird, in dem das Beobachtungsobjekt nicht scharf dargestellt wird, in seiner Schärfe zu reduzieren, um sie an die Schärfe des Beobachtungsobjekts anzupassen. Noch weiter zusätzlich oder alternativ besteht die Möglichkeit, denjenigen Teil oder diejenigen Teile des 2D- oder 3D-Objekts, der bzw. die in einen nicht scharf dargestellten Tiefenbereich des

Beobachtungsobjekts eingeblendet würde, weggelassen wird bzw. werden oder in seiner bzw. ihrer Farbdarstellung verändert wird bzw. werden. Das Verändern der Farbdarstellung kann beispielsweise beinhalten, denjenigen Teil bzw. diejenigen Teile des 2D- oder 3D-Objekts, der in den nicht scharf
5 dargestellten Tiefenbereich des Beobachtungsobjekts eingeblendet wird, mit blässeren Farben, mit verringertem Kontrast oder in Graustufen darzustellen. Außerdem besteht zusätzlich oder alternativ die Möglichkeit, ohne Änderung der Ausdehnung des Tiefenschärfebereichs die Abbildungseigenschaft „Lage der Fokusebene der Abbildung“ mit der das Beobachtungsobjekt abgebildet
10 wird, zu verändern, um damit die Lage des Tiefenschärfebereichs so zu verschieben, dass das 2D- oder 3D-Objekt bei Einblendung mit der vorgesehenen Disparität bzw. der vorgesehenen Ausdehnung des Disparitätsintervalls im scharf dargestellten Tiefenbereich des Beobachtungsobjekts liegt.

15 (B) Überprüfung, ob die Ausdehnung des Disparitätsintervalls in dem Objektbild mit dem eingeblendeten Einblendbild so groß ist, dass sie zu einem für den Nutzer unangenehmen Seheindruck führt. Die Ausdehnung des Disparitätsintervalls, ab der für einen Nutzer ein unangenehmer Seheindruck entsteht, kann bspw. durch eine maximal zulässige Ausdehnung des
20 Disparitätsintervalls angegeben sein. Dabei kann die maximal zulässige Ausdehnung des Disparitätsintervalls auf der Basis physiologischer Standarte fest vorgegeben sein. Die maximal zulässige Ausdehnung des Disparitätsintervalls repräsentiert dabei die Stereokomfortzone, die jedoch für unterschiedliche Nutzer unterschiedlich sein kann. Es ist daher vorteilhaft,
25 wenn die maximal zulässige Ausdehnung des Disparitätsintervalls vom Nutzer individuell an seine Bedürfnisse angepasst werden kann.

In einem Beispiel für die Überprüfung, ob die Ausdehnung des Disparitätsintervalls in dem Objektbild mit dem eingeblendeten Einblendbild die maximal zulässige Ausdehnung des Disparitätsintervalls überschreitet,
30 kann als Darstellungseigenschaft des Einblendbildes die vorgesehene Disparität eines ein 2D-Objekt darstellenden stereoskopischen Einblendbildes mit der Abbildungseigenschaft „Ausdehnung des Disparitätsintervalls“, mit der die Abbildung des Beobachtungsobjekts erfolgt, verglichen werden. Die

- Disparität des stereoskopischen Einblendbildes bestimmt dabei die Tiefe, in der das 2D-Objekt in das stereoskopische Objektbild eingeblendet wird. Falls der Vergleich ergibt, dass die vorgesehene Disparität des stereoskopischen Einblendbildes außerhalb des Disparitätsintervalls des stereoskopischen Objektbildes liegt und dadurch die maximal zulässige Ausdehnung des Disparitätsintervalls überschritten wird, kann die Disparität des stereoskopischen Einblendbildes an das Disparitätsintervall des stereoskopischen Objektbildes angepasst werden. Zusätzlich zur Anpassung der Disparität des stereoskopischen Einblendbildes kann auch das Disparitätsintervall des stereoskopischen Objektbildes vergrößert werden, sofern die Vergrößerung nicht zu einem Überschreiten der maximal zulässigen Ausdehnung des Disparitätsintervalls führt. Die Anpassung der Disparität des stereoskopischen Einblendbildes kann dann geringer ausfallen. Weiter zusätzlich oder alternativ besteht die Möglichkeit, die Lage der Fokusebene der Abbildung, mit der das Beobachtungsobjekt im stereoskopischen Objektbild abgebildet wird, zu verlagern, um damit das Disparitätsintervall des stereoskopischen Objektbildes so zu verschieben, dass das 2D-Objekt mit der vorgesehenen Disparität des stereoskopischen Einblendbildes im Disparitätsintervall des stereoskopischen Objektbildes liegt.
- Anhand des Vergleichsergebnisses kann die Anpassung der wenigstens einen Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes und/oder die Anpassung wenigstens einer Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes gezielt zur Reduzierung einer im Vergleich festgestellten Diskrepanz herangezogen werden, was eine optimale Anpassung ermöglicht.

- Das Ermitteln der wenigstens einen Abbildungseigenschaft kann erfolgen, indem der Wert wenigstens eines Einstellparameters des optischen Beobachtungsgeräts erfasst wird und die wenigstens eine Abbildungseigenschaft anhand des erfassten Wertes des wenigstens einen Einstellparameters des optischen Beobachtungsgeräts ermittelt wird. Einstellparameter sind bspw. der Arbeitsabstand des optischen Beobachtungsgeräts vom Beobachtungsobjekt, die objektseitige Schnittweite

des optischen Beobachtungsgeräts, der Blendendurchmesser des optischen Beobachtungsgeräts, der am optischen Beobachtungsgerät eingestellte Vergrößerungsfaktor, etc. Der Arbeitsabstand ist dabei der Abstand des objektseitigen Linsenscheitels des Objektivs des optischen Beobachtungsgeräts von der Oberfläche des Beobachtungsobjekts und der Fokusabstand der Abstand des objektseitigen Linsenscheitels des Objektivs von der Fokusebene des Objektivs. Mit der Kenntnis der Werte dieser Parameter lassen sich die Abbildungseigenschaften der Abbildung ermitteln. Beispielsweise ergibt sich aus dem Arbeitsabstand und der objektseitigen Schnittweite die Lage der Fokusebene im Beobachtungsobjekt. Die Ausdehnung des Tiefenschärfebereichs lässt sich aus der Kenntnis der Blendenöffnung und des Vergrößerungsfaktors ermitteln. Die Ausdehnung des Disparitätsintervalls stereoskopischer Teilbilder kann beispielsweise aus dem Vergrößerungsfaktor und dem Winkel der Beobachtungsteilstrahlengänge in Bezug auf die optische Achse des Hauptobjektivs ermittelt werden. Letzterer ergibt sich aus dem bekannten Abstand der Teilstrahlengänge im Inneren des optischen Beobachtungsgeräts und der objektseitigen Schnittweite des optischen Beobachtungsgeräts.

Aufgrund der Beziehung zwischen den Einstellparametern und den Abbildungseigenschaften kann auch die Anpassung der wenigstens einen Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes mittels eines Anpassens des Wertes wenigstens eines der Einstellparameters erfolgen. Insbesondere kann ein Anpassen des Wertes des wenigstens eines Einstellparameters derart erfolgen, dass die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs und/oder der Lage der Fokusebene im Beobachtungsobjekt und/oder die Ausdehnung des Disparitätsintervalls im Falle eines stereoskopischen Objektbildes angepasst wird bzw. werden. Beispielsweise kann mittels einer einstellbaren Blendenöffnung die numerische Apparatur des optischen Beobachtungsgeräts verringert werden, um die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereiches im Objektbild zu vergrößern und so eine Anpassung an die Tiefenausdehnung eines digitalen 3D-Objekts vorzunehmen. Falls durch das Verringern der numerischen Apparatur bei der gewählten Zoomstellung die Auflösung zu stark herabgesetzt wird, besteht zudem die Möglichkeit, die Zoomstellung

- anzupassen, um die Vergrößerung zu reduzieren, sodass sich die verringerte Auflösung nicht negativ bemerkbar macht. In einem anderen Beispiel können der Fokusabstand und/oder der Arbeitsabstand so verändert werden, dass sich die Fokusslage – und damit der um die Fokusslage symmetrische
- 5 Tiefenschärfenbereich – verschiebt. Auf diese Weise kann die Fokusslage derart an die vorgesehene Lage eines digitalen 2D- oder 3D-Objekts im Objektbild angepasst werden, dass das gesamte digitale 2D- oder 3D-Objekt scharf dargestellt wird, zumindest dann, wenn die Tiefenausdehnung des digitalen 2D- oder 3D-Objekts nicht größer als die Ausdehnung des
- 10 Tiefenschärfenbereiches im Objektbild ist. Wenn die Tiefenausdehnung des digitalen 2D- oder 3D-Objekts größer ist als die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereiches im Objektbild, kann zusätzlich die beschriebene Anpassung der numerischen Apparatur und ggf. der gewählten Zoomstellung erfolgen. Da die Einstellparameter in der Regel sowieso über die
- 15 Steuereinrichtung eines optischen Beobachtungsgeräts beeinflusst werden können, lässt sich so die Anpassung der wenigstens einen ermittelten Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes ohne konstruktive Änderungen des optischen Beobachtungsgeräts bewerkstelligen.
- 20 Statt mittels einer Anpassung des Wertes wenigstens eines Einstellparameters des optischen Beobachtungsgeräts oder zusätzlich zu einer Anpassung des Wertes wenigstens eines Einstellparameters des optischen Beobachtungsgeräts kann die Anpassung der wenigstens einen Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine
- 25 Darstellungseigenschaft des Einblendbildes auch mittels einer digitalen Bildtransformation erfolgen. Beispielsweise kann das Disparitätsintervall des Objektbildes mittels einer linearen Transformation vergrößert oder verringert werden. Es kann aber auch eine nichtlineare Transformation Verwendung finden, wenn unterschiedliche Bereiche des Disparitätsintervalls
- 30 unterschiedlich stark vergrößert oder verringert werden sollen.

Das Anpassen der wenigstens einen Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die ermittelten Abbildungseigenschaften des Objektbildes

kann wenigstens eine der folgenden Anpassungen einer Darstellungseigenschaft umfassen:

- 5 - Anpassung der Darstellungsschärfe des wenigstens einen im Einblendbild dargestellten digitalen 2D- oder 3D-Objekts oder von Teilen desselben,
 - Anpassung der Tiefenlage des im Einblendbild dargestellten digitalen 2D- oder 3D-Objekts oder von Teilen desselben in Bezug auf das im Objektbild dargestellte Beobachtungsobjekt oder von Teilen desselben,
 - 10 - Anpassung der Darstellungsfarbe des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts oder von Teilen desselben,
 - Anpassung der Transparenz der Darstellung des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts oder von Teilen desselben,
 - 15 - Anpassung durch Beschneiden der Darstellung des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts oder von Teilen desselben,
 - Anpassung der Lage der Fokusebene des Einblendbildes durch Einbringen oder Verändern eines Offsets zwischen der Lage der Fokusebene der Abbildung und der Lage der Fokusebene des Einblendbildes.
- 20 In einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Tiefenverteilung des Beobachtungsobjekts, also die Tiefenwerte (z-Werte) der im Objektbild dargestellten Beobachtungsobjektabschnitte, erfasst und bei mindestens einer der vor dem Einblenden des Einblendbilds in das Objektbild vorgenommenen Anpassungen berücksichtigt. Anhand der erfassten
- 25 Tiefenverteilung und der wenigstens einen ermittelten Abbildungseigenschaft des Objektbildes können die aktuellen Darstellungseigenschaften des beobachteten Bereichs des Beobachtungsobjekts präzise ermittelt werden. Ohne das Erfassen der Tiefenverteilung des dargestellten Bereichs des Beobachtungsobjekts kann die Lage der dargestellten Bereiche des

Beobachtungsobjekts nur anhand des Fokusabstands des Mikroskops und der Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs abgeschätzt werden.

Das Erfassen der Tiefenverteilung des dargestellten Bereichs des Beobachtungsobjekts kann beispielsweise mittels einer Triangulation anhand
5 stereoskopischer Bilder, mittels eines Tiefensensors wie etwa eines Time-of-Flight-Sensors, mittels Durchfahrens des Fokus und einer Analyse, welche Bereiche des Beobachtungsobjekts in den Bildinhalten jeweils scharf dargestellt sind („Depth from Defocus“), etc. erfolgen. Die erfasste Tiefenverteilung kann bspw. durch die Abstandsverteilung der
10 Beobachtungsobjektabschnitte zu einer Ebene des Mikroskops wie bspw. der objektseitigen Hauptebene des Hauptobjektivs, einem Punkt des Mikroskops wie bspw. dem objektseitigen Scheitelpunkt des Hauptobjektivs oder durch die Lage der Beobachtungsobjektabschnitte in einem globalen dreidimensionalen Koordinatensystem wie etwa dem Koordinatensystem eines Navigations-
15 systems repräsentiert werden. Beispielsweise kann bei Kenntnis der Tiefenverteilung des Beobachtungsobjekts für ein 2D-Objekt, das einem bestimmte Beobachtungsobjektabschnitt überlagert werden soll, ein Tiefenwert zugeordnet werden, der mit dem Tiefenwert des bestimmten Beobachtungsobjektabschnitts übereinstimmt. Im Falle eines 3D-Objekts
20 können seinen Tiefenwerten anhand der ermittelten Tiefenverteilung derartige Disparitätswerte zugeordnet werden, dass beim Einblenden des 3D-Objekts in ein stereoskopisches Objektbild ein bestimmter Tiefenwert des 3D-Objekts mit einem bestimmten Tiefenwert des Beobachtungsobjekts übereinstimmt. Dadurch kann die Tiefenlage des 3D-Objekts im Objektbild präzise festgelegt
25 werden.

Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein optisches Beobachtungssystem zur Verfügung gestellt. Das optische Beobachtungssystem ist ausgestattet mit

- einem optischen Beobachtungsgerät zum Erzeugen eines Objektbildes
30 von einem Beobachtungsobjekt,
- einer Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung zum Erzeugen eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt darstellenden Einblendbildes;

- einer Einblendvorrichtung zum Einblenden des Einblendbildes in das Objektbild, um das wenigstens eine digitale 2D- oder 3D-Objekt dem in dem Objektbild dargestellten Beobachtungsobjekt zu überlagern, und
- einer Einstellvorrichtung, die dazu eingerichtet ist, eine Einstellung
5 wenigstens einer die Abbildung des Beobachtungsobjekts im Objektbild beeinflussenden Abbildungseigenschaft zu ermöglichen,
- einer Abbildungseigenschaft-Ermittlungsvorrichtung, die dazu
eingerichtet ist, wenigstens eine eingestellten Abbildungseigenschaft der
Abbildung des Beobachtungsobjekts im Objektbild zu ermitteln, und
- 10 - einer Anpassungsvorrichtung, die dazu eingerichtet ist, vor dem
Einblenden des Einblendbildes in das Objektbild wenigstens eine der folgenden
Einwirkungen vorzunehmen:
 - Einwirkung auf die Einstellvorrichtung zum Anpassen
wenigstens einer Abbildungseigenschaft des Objektbildes an
15 wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes auf der
Basis der wenigstens einen ermittelten Abbildungseigenschaft,
 - Einwirkung auf die Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung zum
Anpassen wenigstens einer Darstellungseigenschaft des
Einblendbildes an die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft
20 des Objektbildes. Die Anpassung der wenigstens einen
Darstellungseigenschaft des Einblendbildes kann dabei insbesondere
auch direkt beim Erstellen des Einblendbildes erfolgen. Alternativ oder
zusätzlich kann die Anpassung oder eine weitere Anpassung an einem
bereits erstellten Einblendbild erfolgen.
- 25 Das optische Beobachtungssystem zeichnet sich dadurch aus, dass die
wenigstens eine Abbildungseigenschaft wenigstens eine aus der folgenden
der folgenden Gruppe von Abbildungseigenschaften ist: (a) die Lage der
Fokusebene der Abbildung, (b) die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs
der Abbildung, (c) die Ausdehnung des Disparitätsintervalls, mit dem das
30 Beobachtungsobjekt im Falle eines stereoskopischen Objektbildes dargestellt
wird. Hierbei kann die wenigstens eine Abbildungseigenschaft insbesondere

die Abbildungseigenschaft (b) und/oder die Abbildungseigenschaft (c) sein bzw. umfassen. Die Abbildungseigenschaft, die bei der Anpassung wenigstens einer Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes angepasst wird, kann die / eine
5 der ermittelte(n) Abbildungseigenschaft(en) oder eine andere Abbildungseigenschaft sein. Mit anderen Worten heißt das, dass die Abbildungseigenschaft, auf die die Einstellvorrichtung zum Anpassen wenigstens einer Abbildungseigenschaft des Objektbildes an die wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes einwirkt, nicht zwingend die
10 von der Abbildungseigenschaft-Ermittlungsvorrichtung ermittelte Abbildungseigenschaft sein muss. Bspw. kann die Einstellvorrichtung auf die Lage der Fokusebene der Abbildung einwirken, um den Tiefenschärfenbereich mit der von der von der Abbildungseigenschaft-Ermittlungsvorrichtung ermittelten Ausdehnung zu verschieben, ohne die Ausdehnung des
15 Tiefenschärfenbereichs zu verändern.

Das optische Beobachtungsgerät kann bspw. ein analoges oder digitales Mikroskop und insbesondere ein analoges oder digitales Operationsmikroskop sein und das vom optischen Beobachtungsgerät erzeugte Objektbild ein monoskopisches Bild oder insbesondere ein stereoskopisches Bild.
20 Entsprechend ist das optische Beobachtungssystem dann vorzugsweise ein optisches Mikroskopsystem bzw. ein optisches Operationsmikroskopsystem.

Das erzeugte Einblendbild kann ein monoskopisches Bild oder ein stereoskopisches Bild sein. Das Einblenden in das Objektbild kann digital erfolgen, falls das Objektbild digital vorliegt, oder optisch in den Strahlengang
25 des optischen Beobachtungsgeräts.

Wenn im optischen Beobachtungssystem das optische Beobachtungsgerät zum Erzeugen eines stereoskopische Objektbildteilbilder aufweisenden stereoskopischen Objektbildes von einem Beobachtungsobjekt ausgebildet ist, die wenigstens eine Abbildungseigenschaft des stereoskopischen
30 Objektbildes die Ausdehnung des Disparitätsintervalls der stereoskopischen Objektteilbilder beinhaltet, die Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung zum Erzeugen eines stereoskopische Einblendteilbilder aufweisenden stereoskopischen Einblendbilds ausgebildet ist und die wenigstens eine

Darstellungseigenschaft des stereoskopischen Einblendbildes die Ausdehnung des Disparitätsintervalls der stereoskopischen Einblendteilebilder beinhaltet, kann die Anpassungsvorrichtung dazu eingerichtet sein, vor dem Einblenden des stereoskopischen Einblendbilds in das stereoskopische
5 Objektbild wenigstens einer der folgenden Einwirkungen vorzunehmen: (i) Einwirkung auf die Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung zum Anpassen der Ausdehnung des Disparitätsintervalls des stereoskopischen Einblendbildes an die Ausdehnung des Disparitätsintervalls des stereoskopischen Objektbildes, (ii) Einwirkung auf die Einstellvorrichtung zum Anpassen der Ausdehnung des
10 Disparitätsintervalls des stereoskopischen Objektbildes an die Ausdehnung des Disparitätsintervalls des stereoskopischen Einblendbildes.

Das erfindungsgemäße optische Beobachtungssystem ermöglicht die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und somit die Realisierung der mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren zu erzielenden
15 Eigenschaften und Vorteile.

Das optische Beobachtungssystem kann außerdem eine Vergleichseinrichtung umfassen, die dazu ausgestaltet ist, die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft mit wenigstens einer vorgesehenen Darstellungseigenschaft des Einblendbildes zu vergleichen, und die
20 Anpassungsvorrichtung kann dazu ausgestaltet sein, die wenigstens eine Anpassung in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis vorzunehmen. Mit Hilfe des Vergleichs kann wie mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren ausgeführt wurde, eine Überprüfung dahingehend erfolgen, ob die Kombination der wenigstens einen ermittelten Abbildungseigenschaft mit der
25 wenigstens einen vorgesehenen Darstellungseigenschaft in dem Objektbild mit dem eingeblendeten Einblendbild zu einer Diskrepanz zwischen dem physiologischen Zustand der Augen und der wahrgenommenen Objektentfernung führt, und die Anpassung der wenigstens einen Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine
30 Darstellungseigenschaft des Einblendbildes und/oder die Anpassung wenigstens einer Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes kann

gezielt zur Reduzierung einer im Vergleich festgestellten Diskrepanz herangezogen werden, was eine optimale Anpassung ermöglicht.

- Zum Anpassen der wenigstens einer Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes kann die Anpassungsvorrichtung dazu eingerichtet sein, derart auf die Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung einzuwirken, dass zum Anpassen der Darstellungseigenschaften des Einblendbildes an die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes wenigstens eine der folgenden Anpassungen erfolgt
- 5 - eine Anpassung der Darstellungsschärfe des wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts oder von Teilen desselben,
 - Anpassung der Tiefenlage des im Einblendbild dargestellten digitalen 2D- oder 3D-Objekts oder von Teilen desselben in Bezug auf das im Objektbild dargestellte Beobachtungsobjekt oder von Teilen desselben,
 - 15 - Anpassung der Darstellungsfarbe des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts oder von Teilen desselben,
 - Anpassung der Transparenz der Darstellung des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts oder von Teilen desselben,
 - 20 - Anpassung durch ein Beschneiden der Darstellung des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts oder von Teilen desselben,
 - Anpassung der Lage der Fokusebene des Einblendbildes durch Einbringen oder Verändern eines Offsets zwischen der Lage der Fokusebene der Abbildung und der Lage der Fokusebene des Einblendbildes.
 - 25

In einer Weiterbildung des optischen Beobachtungssystems beinhaltet dieses eine Einstellparameter-Erfassungsvorrichtung, die dazu ausgestaltet ist, den Wert des wenigstens eines Einstellparameters des optischen Beobachtungsgeräts zu erfassen. Die Abbildungseigenschaft-Ermittlungsvorrichtung ist in dieser Weiterbildung dazu ausgestaltet, die wenigsten eine

30

eingestellte Abbildungseigenschaft anhand des von der Einstellparameter-Erfassungsvorrichtung erfassten Wertes des wenigstens einen Einstellparameters zu ermitteln. In diesem Fall kann zudem die Einstellvorrichtung dazu eingerichtet sein, eine Einstellung des Wertes wenigstens eines Einstellparameters des optischen Beobachtungsgeräts vorzunehmen, und die Anpassungsvorrichtung kann dazu eingerichtet sein, derart auf die Einstellvorrichtung einzuwirken, dass über eine Anpassung des Wertes wenigstens eines Einstellparameters die Anpassung der wenigstens einen Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes erfolgt. Als Einstellparameter des optischen Beobachtungsgeräts können beispielsweise der Arbeitsabstand des optischen Beobachtungsgeräts vom Beobachtungsobjekt, die objektseitige Schnittweite des optischen Beobachtungsgeräts, der Blendendurchmesser des optischen Beobachtungsgeräts, der am optischen Beobachtungsgerät eingestellte Vergrößerungsfaktor, etc. dienen. Sind die Werte der Einstellparameter des optischen Beobachtungsgeräts bekannt, können hieraus seine Abbildungseigenschaften ermittelt werden, wie dies mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren ausgeführt worden ist. Außerdem kann aufgrund der Beziehung zwischen den Einstellparametern und den Abbildungseigenschaften auch die Anpassung der wenigstens einen Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes mittels eines Anpassens des Wertes wenigstens eines der Einstellparameters erfolgen. Beides wurde mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren erläutert. Auf die entsprechenden Absätze der Beschreibung wird verwiesen.

Das erfindungsgemäße optische Beobachtungssystem kann aber auch eine digitale Bildtransformationseinheit zum Transformieren des Objektbildes umfassen. Eine solche digitale Bildtransformationseinheit ermöglicht es, eine Anpassung von Abbildungseigenschaften des Objektbildes ohne Eingriff in die optischen Komponenten des optischen Beobachtungsgeräts vorzunehmen, bspw. wenn eine Änderung der Werte der Einstellparameter nicht möglich oder nicht gewünscht ist.

Das Mikroskopsystem kann zudem eine Tiefenverteilung-Erfassungsvorrichtung beinhalten, die dazu eingerichtet ist, die Tiefenverteilung des Beobachtungsobjekts zu erfassen. Die Anpassungsvorrichtung ist dann dazu eingerichtet, die erfasste Tiefenverteilung des Beobachtungsobjekts bei der

5 Einwirkung auf die Einstellvorrichtung zum Anpassen der wenigstens einen Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes und/oder bei der Einwirkung auf die Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung zum Anpassen der Darstellungseigenschaften des wenigstens einen Einblendbilds an die

10 wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes zu berücksichtigen. Anhand der erfassten Tiefenverteilung und der wenigstens einen ermittelten Abbildungseigenschaft des Objektbildes können die aktuellen Darstellungseigenschaften des beobachteten Bereichs des Beobachtungsobjekts präzise ermittelt werden, wie dies mit Bezug auf das

15 erfindungsgemäße Verfahren bereits erläutert worden ist.

Zum Erfassen der Tiefenverteilung des Beobachtungsobjekts kann die Tiefenverteilung-Erfassungsvorrichtung beispielsweise anhand das Beobachtungsobjekt zeigender stereoskopischer Bilder, die mithilfe von Kameras in Teilstrahlengängen eines stereoskopischen optischen

20 Beobachtungsgerätes wie etwa eines Operationsmikroskops aufgenommen werden, eine Triangulation vornehmen. Alternativen zum stereoskopischen Erfassen der Tiefenverteilung bestehen in der Erfassung der Tiefenverteilung mit Hilfe einer strukturierten Beleuchtung des Beobachtungsobjekts, wobei die Tiefenverteilung dann aus der Verzerrung der Beleuchtungsstrukturen auf

25 dem Beobachtungsobjekt ermittelt wird, oder darin, die Tiefenverteilung-Erfassungsvorrichtung mit wenigstens einem Tiefensensor wie etwa einem Time-of-Flight-Sensor (TOF-Sensor), einem Lidar-Sytem (Lidar: Light Imaging, Detection and Ranging), etc. auszustatten. Zum Erfassen der Tiefenverteilung kann die Tiefenverteilung-Erfassungsvorrichtung in einer

30 weiteren Alternative auch die Anpassungsvorrichtung dazu veranlassen, die Lage der Fokusebene über einen bestimmten Tiefenbereich zu variieren. Die während der Variation der Lage der Fokusebene dargestellten Bildinhalte werden von der Tiefenverteilung-Erfassungsvorrichtung im Hinblick darauf analysiert, welche Bereiche des Beobachtungsobjekts jeweils scharf

dargestellt sind. Anhand der scharf dargestellten Bereiche des Beobachtungsobjekts und der Lage der Fokusebene, bei der die jeweiligen Bereiche scharf dargestellt sind, kann Tiefenverteilung-Erfassungsvorrichtung die Tiefenverteilung der Bereiche des Beobachtungsobjekts ermitteln („Depth from Defocus“).

Die erfasste Tiefenverteilung kann bspw. durch die die Abstandsverteilung der Beobachtungsobjektabschnitte zu einer Ebene des optischen Beobachtungsgerätes, bspw. zur objektseitigen Hauptebene des Hauptobjektivs, zu einem Punkt des optischen Beobachtungsgerätes wie bspw. dem objektseitigen Scheitelpunkt des Hauptobjektivs oder durch die Lage der Beobachtungsobjektabschnitte in einem globalen dreidimensionalen Koordinatensystem, etwa dem Koordinatensystem eines Navigationssystems, repräsentiert werden.

Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird ein computerimplementiertes Verfahren zum Optimieren des Einblendens eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt darstellenden Einblendbildes in ein mit einem optischen Beobachtungsgerät gewonnenes und ein Beobachtungsobjekt abbildendes Objektbild zur Verfügung gestellt, wobei die Abbildung des Beobachtungsobjekts im Objektbild mit wenigstens einer die Abbildung zumindest mitbestimmenden Abbildungseigenschaft erfolgt. Das computerimplementierte Verfahren umfasst die Schritte

- Empfangen oder Abrufen des digitalen 2D- oder 3D-Objekts und seiner Darstellungseigenschaften,
- Empfangen oder Abrufen wenigstens einer Abbildungseigenschaft des Objektbildes, und
- Ermitteln und Ausgeben eines Signals, welches dazu ausgestaltet ist, am optischen Beobachtungsgerät wenigstens eine der folgenden Anpassungen herbeizuführen
 - Anpassung wenigstens einer Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des

Einblendbildes auf der Basis der empfangenen oder abgerufenen Abbildungseigenschaft,

- Anpassung wenigstens einer Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die wenigstens eine empfangene oder abgerufene Abbildungseigenschaft des Objektbildes. Die Anpassung der wenigstens einen Darstellungseigenschaft des Einblendbildes kann dabei insbesondere auch direkt beim Erstellen des Einblendbildes erfolgen. Alternativ oder zusätzlich kann die Anpassung oder eine weitere Anpassung an einem bereits erstellten Einblendbild erfolgen.
- 5
- 10 Gemäß der Erfindung ist die wenigstens eine empfangene oder abgerufene Abbildungseigenschaft wenigstens eine aus der folgenden der folgenden Gruppe von Abbildungseigenschaften: (a) die Lage der Fokusebene der Abbildung, (b) die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs der Abbildung, (c) die Ausdehnung des Disparitätsintervalls, mit dem das Beobachtungsobjekt
- 15 im Falle eines stereoskopischen Objektbildes dargestellt wird. Hierbei kann die wenigstens eine Abbildungseigenschaft insbesondere die Abbildungseigenschaft (b) und/oder die Abbildungseigenschaft (c) sein bzw. umfassen. Die wenigstens eine Abbildungseigenschaft, die an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes angepasst wird, muss dabei
- 20 nicht zwingend die empfangene oder abgerufene Abbildungseigenschaft sein. Bspw. kann die Lage der Fokusebene der Abbildung angepasst werden, um den Tiefenschärfenbereich mit der empfangenen oder abgerufenen Ausdehnung zu verschieben, ohne die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs zu verändern.
- 25 Das computerimplementierte Verfahren ermöglicht es, einen Computer zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Einblenden eines Einblendbildes in ein mit einem optischen Beobachtungsgerät gewonnenes Objektbild einzurichten, und so computerunterstützt die mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren beschriebenen Eigenschaften und Vorteile zu
- 30 erzielen.

Gemäß dem dritten Aspekt der Erfindung werden außerdem ein Computerprogramm mit Instruktionen, die, wenn sie von einem Computer

ausgeführt werden, diesen veranlassen, die Schritte des erfindungsgemäßen computerimplementierten Verfahrens auszuführen, sowie eine Datenverarbeitungseinrichtung mit einem Speicher und einem Prozessor, wobei der Prozessor mittels eines im Speicher gespeicherten

5 erfindungsgemäßen Computerprogramms dazu eingerichtet ist, die Schritte des erfindungsgemäßen computerimplementierten Verfahrens auszuführen, zur Verfügung gestellt.

Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von exemplarischen

10 Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren.

- Figur 1 zeigt die Komponenten eines Mikroskopsystems in einer schematischen Darstellung
- Figur 2 zeigt die wesentlichen optischen Komponenten eines Operationsmikroskops in einer schematischen Darstellung.
- 15 Figur 3 zeigt ein Beispiel für ein Objektiv mit variablem Fokusabstand.
- Figur 4 zeigt ein Beispiel für ein digitales Operationsmikroskop.
- Figur 5 zeigt ein erstes Beispiel für das Anpassen der Darstellungseigenschaften eines in einem Einblendbild dargestellten 2D- oder 3D-Objekts an die ermittelten
- 20 Abbildungseigenschaften eines Objektbildes.
- Figur 6 zeigt ein Beispiel für Einstellparameter eines Mikroskops, die nicht an die vorgesehene Lage eines digitalen 3D-Objekts in Bezug auf das Beobachtungsobjekt und an die Tiefenausdehnung des digitalen 3D-Objekts angepasst sind.
- 25 Figur 7 zeigt ein erstes Beispiel für das Anpassen wenigstens einer Abbildungseigenschaften des Objektbildes an die Darstellungseigenschaften des Einblendbildes.
- Figur 8 zeigt ein Beispiel für das Anpassen der Darstellungseigenschaften eines Einblendbildes, welches ein

digitales 3D-Objekt 200 zeigt, an die Abbildungseigenschaften eines stereoskopischen Objektbildes.

5 Figur 9 zeigt ein Beispiel für das Anpassen der Darstellungseigenschaften eines ein 2D-Objekt darstellenden Einblendbildes an die Abbildungseigenschaften des Objektbildes.

Figur 10 zeigt ein Beispiel für eine lineare Transformation, die Ausgangsdisparitätswerte D_a auf neue Disparitätswerte D_n abbildet.

10 Figur 11 zeigt ein Beispiel für eine nichtlineare Transformation, die Ausgangsdisparitätswerte D_a auf neue Disparitätswerte D_n abbildet.

15 Figur 12 zeigt ein Beispiel für das Anpassen der Darstellungseigenschaften eines Einblendbildes, welches ein digitales 3D-Objekt 200 zeigt, an die Abbildungseigenschaften eines stereoskopischen Objektbildes.

20 Figur 13 zeigt ein weiteres Beispiel für das Anpassen der Darstellungseigenschaften eines Einblendbildes, welches ein digitales 3D-Objekt 200 zeigt, an die Abbildungseigenschaften eines stereoskopischen Objektbildes.

Nachfolgend wird mit Bezug auf die Figuren 1 bis 4 ein Mikroskopsystem beschrieben, das ein exemplarisches Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes optisches Beobachtungsgerätesystem darstellt. Während Figur 1 das Mikroskopsystem einschließlich seiner elektronischen
25 Komponenten zeigt, zeigen die Figuren 2 und 3 die wesentlichen optischen Komponenten eines Operationsmikroskops, wie es als Mikroskop im Mikroskopsystem Verwendung finden kann.

Das Mikroskopsystem aus Figur 1 umfasst ein Mikroskop 2, dass im vorliegenden exemplarischen Ausführungsbeispiel ein Operationsmikroskop 2
30 ist, wie es in den Figuren 2 bis 4 dargestellt ist. Weiterhin umfasst es eine

Mikroskopsteuerung 100, die Steuersignale generiert, mit der auf steuerbare Komponenten des Operationsmikroskops einwirken kann, um insbesondere Werte für Einstellparameter des Operationsmikroskops 2 wie bspw. einen Wert für die aktuelle Zoomstellung, einen Wert für den Fokusabstand, einen Wert für den Arbeitsabstand, einen Wert für die numerische Apertur, etc. einzustellen. Steuerbare Komponenten des Operationsmikroskops 2 können hierbei beispielsweise steuerbare Motoren zum Einstellen des Zoom-Systems, steuerbare Motoren zum Einstellen eines Objektivlinsensystems mit einstellbarer Objektschnittweite, steuerbare Motoren zum Einstellen von Blendenöffnungen, steuerbare Motoren eines das Operationsmikroskop 2 tragenden Stativs, etc. sein. Die Werte für die Einstellparameter können dabei anhand einer Steueroutine von der Mikroskopsteuerung 100 automatisiert eingestellt werden. Beispielsweise kann die Mikroskopsteuerung 100 anhand einer Steueroutine Werte für Einstellparameter generieren, die zu gewünschten Abbildungseigenschaften des Operationsmikroskops 2 wie etwa zu einer bestimmten Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs bei einer bestimmten die Fokuslage und - im Falle stereoskopischer Teilbilder – mit einem bestimmten Disparitätsintervall führen. Die Abbildungseigenschaften des Objektbildes werden im Falle eines rein optisch generierten Bildes von den Abbildungseigenschaften des Operationsmikroskops 2 bestimmt und spiegeln somit die Abbildungseigenschaften des Operationsmikroskops 2 wider. Falls vom Operationsmikroskop 2 digitale Bilder generiert werden, werden die Abbildungseigenschaften des Objektbildes nicht nur durch die Abbildungseigenschaften der optischen Komponenten des Operationsmikroskops 2 bestimmt, sondern auch von den Eigenschaften derjenigen Einheiten, welche aus den optischen Bildern die digitalen Bilder generieren. Solche Einheiten sind etwa der Bildsensor oder die Bildsensoren, mit dem bzw. denen die Bilder aufgenommen werden, das Display oder die Displays, auf dem sie dargestellt werden, und ggf. eine Bildverarbeitungseinheit, mit der Pixelwerte im digitalen Bild oder Werte der digitale Teilbilder im Falle eines stereoskopischen Bildes nach der Aufnahme durch den Bildsensor und vor der Darstellung auf dem Display manipuliert werden.

Die geeigneten Werte für die Einstellparameter des Operationsmikroskops 2 setzt die Mikroskopsteuerung 100 in entsprechende Steuersignale um, die sie

dann an die entsprechenden steuerbaren Komponenten des Operationsmikroskops 2 ausgibt. Alternativ können die einzustellenden Werte der Einstellparameter von extern vorgegeben werden, beispielsweise per Hand über eine Mensch-Maschine-Schnittstelle, wobei die

5 Mikroskopsteuerung 100 dann die geeigneten Steuersignale für die steuerbaren Komponenten des Operationsmikroskops 2 auf der Basis der vorgegebenen Werte für die Einstellparameter generiert. Die Mikroskopsteuerung 100 stellt somit auch eine Einstellvorrichtung dar, die die dazu eingerichtet ist, eine Einstellung wenigstens einer die Abbildung des

10 Beobachtungsobjekts 3 im Objektbild beeinflussenden Abbildungseigenschaft zu ermöglichen. Sie kann im Falle eines digitale Bilder generierenden Operationsmikroskops 2 zudem Signale zum Steuern des Bildsensors oder der Bildsensoren, des oder der Displays und/oder der Bildverarbeitungseinheit generieren und an diese ausgeben.

15 Die Mikroskopsteuerung 100 beinhaltet im vorliegenden exemplarischen Ausführungsbeispiel auch eine Einstellparameter-Erfassungsvorrichtung 110 und eine Abbildungseigenschaft-Ermittlungsvorrichtung 115. Die Einstellparameter-Erfassungsvorrichtung 110 dient dazu, die aktuell

20 eingestellten Werte der Einstellparameter des Operationsmikroskops 2 zu erfassen oder die aktuell eingestellten Werte der Einstellparameter aus an die oben beschriebenen Motoren gesandten, von der Einstellparameter-Erfassungsvorrichtung 110 erfassten Steuersignalen mit Hilfe eines Modells der jeweils gesteuerten Komponente abzuleiten und die Werte der Einstellparameter an die Abbildungseigenschaft-Ermittlungsvorrichtung 115

25 weiterzugeben. Zum Erfassen der Werte der Einstellparameter kann bspw. mittels Sensoren die Stellung der beweglichen Glieder der oben erwähnten steuerbaren Motoren erfasst werden, wenn sie eindeutig mit einem Wert für einen der Einstellparameter verknüpft sind.

Aus den erfassten Werten der Einstellparameter kann die

30 Abbildungseigenschaft-Ermittlungsvorrichtung 115 dann die Abbildungseigenschaften des Objektbildes, also diejenigen Abbildungseigenschaften, mit denen das Beobachtungsobjekt 3 im Objektbild abgebildet wird, ableiten. Die Lage der Fokusebene F im Beobachtungsobjekt

kann die Abbildungseigenschaft-Ermittlungsvorrichtung 115 beispielsweise aus dem Wert für den eingestellten Abstand der Objektivlinsen in einem Objektivlinsensystem, wie es in Figur 3 dargestellt ist, und dem Arbeitsabstand des Operationsmikroskops 2 vom Beobachtungsobjekt 3 ableiten. Die
5 Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs der Abbildung kann sie aus dem Wert für den Durchmesser der eingestellten Aperturblende und dem Wert für den Zoom-Faktor ableiten, wobei die Aperturblende eine reelle oder eine virtuelle Aperturblende sein kann. Wenn eine reelle Aperturblende vorliegt, kann die Einstellparameter-Erfassungsvorrichtung 110 den Aperturblenden-
10 durchmesser direkt erfassen oder aus den Steuersignalen für eine einstellbare Aperturblende ableiten. Im Falle einer virtuellen Aperturblende muss sie den Aperturblendendurchmesser auf der Basis von Werten der eingestellten Einstellparameter des Operationsmikroskops 2 rechnerisch ermitteln. Die Ausdehnung des Disparitätsintervalls stereoskopischer Teilbilder kann auf der
15 Basis des Fokusabstandes F der Zoom-Stellung und des Abstandes der stereoskopischen Teilstrahlengänge voneinander im Operationsmikroskop 2 abgeleitet werden.

Falls die Abbildungseigenschaften der momentanen Einstellungen der Abbildungsparameter in der Mikroskopsteuerung 100 oder anderswo im
20 Operationsmikroskop 2 hinterlegt sind, ist Einstellparameter-Erfassungsvorrichtung 110 nicht nötig. Die Abbildungseigenschaft-Ermittlungsvorrichtung 115 kann die Werte für die Einstellparameter dann direkt von der Mikroskopsteuerung 100 beziehen.

In das mit den Beobachtungsstrahlengang des Operationsmikroskops 2
25 erzeugte Bild des Beobachtungsobjekts kann ein Einblendbild eingeblendet werden, welches insbesondere auch ein stereoskopisches Einblendbild sein kann. Das Einblendbild stellt dabei ein digitales 2D- oder 3D-Objekt dar, es kann aber auch mehrere digitale 2D- oder 3D-Objekte darstellen. Zum Generieren des Einblendbilds weist das Mikroskopsystem eine Einblendbild-
30 Erzeugungsvorrichtung 120 auf, welche das erzeugte Einblendbild an Displays 37A, 37B des Operationsmikroskops 2 ausgibt (vgl. Figur 2), mit deren Hilfe das Einblendbild über Strahlteiler, welche im vorliegenden exemplarischen

Ausführungsbeispiel als Strahlteilerprismen 15A, 15B ausgebildet sind, in den Beobachtungsstrahlengang des Operationsmikroskops 2 eingeblendet wird.

Die im Einblendbild darzustellenden 2D- oder 3D-Objekte können entweder aus einer externen Datenquelle 130 wie etwa eine MRT-System (MRT: 5 Magnetresonanztomografie), einem CT-System (CT: Computertomografie), einem externen OCT-System (OCT: Optische Kohärenztomografie), etc. stammen, wobei die einzublendenden 2D- oder 3D-Objekte dann präoperativ generiert werden, oder sie können aus einer in das Mikroskopsystem integrierten internen Datenquelle 140 stammen, etwa einem in das 10 Operationsmikroskop 2 integrierten System, mit dem Fluoreszenzbilder erzeugt werden können, einem in das Mikroskopsystem integrierten OCT-System oder einem Endoskop, das Teil des Mikroskopsystems sein kann. Im Falle einer internen Datenquelle 140 können die 2D- oder 3D-Objekte auch intraoperativ erzeugt werden.

15 Weiterhin umfasst das Mikroskopsystem eine Anpassungsvorrichtung 150, welche die Darstellungseigenschaften des wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts an seine vorgesehene Lage im Beobachtungsobjekt anpassen kann. Diese ist zum Empfang von 2D- oder 3D-Objekten mit wenigstens einer der Datenquellen 130, 140 verbunden und zum Empfang der 20 ermittelten Abbildungseigenschaften des Objektbildes mit der Abbildungseigenschaft-Ermittlungsvorrichtung 115. Außerdem ist sie mit der Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung 120 verbunden. Auf der Basis der ermittelten Abbildungseigenschaften und der vorgesehenen Lage der 2D- oder 3D-Objekte in Bezug auf das Beobachtungsobjekt 3 passt die 25 Anpassungsvorrichtung 150 die Darstellungseigenschaften der Einblendbilder, d.h. die Eigenschaften, mit denen die 2D- oder 3D-Objekte in den Einblendbildern dargestellt sind, an die ermittelten Abbildungseigenschaften des Objektbildes an und gibt die angepassten Einblendbilder an die Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung 120 aus, die die 30 Einblendbilder dann mithilfe der Displays 37A, 37B und der Strahlteilerprismen 15A, 15B in den Beobachtungsstrahlengang einblendet. Alternativ oder zusätzlich zum Anpassen der Darstellungseigenschaften der Einblendbilder an die ermittelten Abbildungseigenschaften des Objektbildes kann die

Anpassungsvorrichtung 150 auf die Mikroskopsteuerung 100 einwirken, um auf der Basis der ermittelten Abbildungseigenschaften den Wert wenigstens eines Einstellparameters des Operationsmikroskops 2 anzupassen, um über diese Anpassung die Lage der Fokusebene im Objektbild und/oder die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs im Objektbildes und/oder die Ausdehnung des Disparitätsintervalls im Fall eines stereoskopischen Objektbildes an die Darstellungseigenschaften des Einblendbildes anzupassen. Falls das Operationsmikroskop 2 ein digitales Operationsmikroskop ist, also eines, bei dem ein digitales Objektbild generiert wird, kann weiter alternativ oder zusätzlich wenigstens einer Abbildungseigenschaft des Objektbildes digital an die Darstellungseigenschaften des Einblendbildes angepasst werden. So kann bspw. bei einem stereoskopischen Objektbild die Ausdehnung des Disparitätsintervalls an die Darstellungseigenschaften des Einblendbildes angepasst werden. Beispielsweise können Disparitätswerte des stereoskopischen Objektbildes von der Bildverarbeitungseinheit mittels einer linearen oder nichtlinearen Transformation in neue Disparitätswerte transformiert werden. Dadurch wird bspw. eine Stauchung oder Streckung der Ausdehnung des Disparitätsintervalls ermöglicht.

Als Option weist das Mikroskopsystem außerdem eine Tiefenverteilung-Erfassungsvorrichtung auf, die im vorliegenden exemplarischen Ausführungsbeispiel durch einen Time-of-Flight-Sensor 4 realisiert ist. Mithilfe des Time-of-Flight-Sensors 4 kann die Tiefenverteilung T des Beobachtungsobjekts 3, die im vorliegenden exemplarischen Ausführungsbeispiel durch die Verteilung der Abstände unterschiedlicher Beobachtungsobjektabschnitte vom objektseitigen Linsenscheitel des Mikroskopobjektivs repräsentiert wird, ermittelt werden. Die ermittelte Tiefenverteilung T kann dann an die Mikroskopsteuerung 100 und/oder an die Anpassungsvorrichtung 150 weitergegeben werden, die die Tiefenverteilung T beim Anpassen der Abbildungseigenschaften des Objektbildes bzw. beim Anpassen der Darstellungseigenschaften des Einblendbildes berücksichtigen können.

Nachfolgend wird mit Bezug auf die Figuren 2 und 4 der grundsätzliche Aufbau des Operationsmikroskops 2, wie es im Mikroskopsystem aus Figur 1 Verwendung finden kann, erläutert, bevor anschließend anhand der Figuren 5 bis 11 das Anpassen der Darstellungseigenschaften des Einblendbildes an die
5 ermittelten Abbildungseigenschaften und das Anpassen der Abbildungseigenschaften des Objektbildes an die Darstellungseigenschaften des Einblendbildes erläutert werden.

Das in Figur 2 gezeigte Operationsmikroskop 2 umfasst als wesentliche Bestandteile ein einem Objektfeld 3 zuzuwendendes Objektiv 5, das
10 insbesondere als achromatisches oder apochromatisches Objektiv ausgebildet sein kann. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel besteht das Objektiv 5 aus zwei miteinander verkitteten Teillinsen, die ein achromatisches Objektiv bilden. Das Objektfeld 3 wird in der Fokusebene des Objektivs 5 angeordnet, so dass es vom Objektiv 5 nach Unendlich abgebildet wird. Mit
15 anderen Worten, ein vom Objektfeld 3 ausgehendes divergentes Strahlenbündel 7 wird bei seinem Durchgang durch das Objektiv 5 in ein paralleles Strahlenbündel 9 umgewandelt.

Beobachterseitig des Objektivs 5 ist ein Vergrößerungswechsler 11 angeordnet, der entweder wie im dargestellten Ausführungsbeispiel als Zoom-
20 System zur stufenlosen Änderung des Vergrößerungsfaktors oder als so genannter Galilei-Wechsler zur stufenweisen Änderung des Vergrößerungsfaktors ausgebildet sein kann. In einem Zoom-System, das bspw. aus einer Linsenkombination mit drei Linsen aufgebaut ist, können die beiden objektseitigen Linsen verschoben werden, um den Vergrößerungs-
25 faktor zu variieren. Tatsächlich kann das Zoom-System aber auch mehr als drei Linsen, bspw. vier oder mehr Linsen aufweisen, wobei die äußeren Linsen dann auch fest angeordnet sein können. In einem Galilei-Wechsler existieren dagegen mehrere feste Linsenkombinationen, die unterschiedliche Vergrößerungsfaktoren repräsentieren und im Wechsel in den Strahlengang
30 eingebracht werden können. Sowohl ein Zoom-System, als auch ein Galilei-Wechsler wandeln ein objektseitiges paralleles Strahlenbündel in ein beobachterseitiges paralleles Strahlenbündel mit einem anderen Bündeldurchmesser um. Der Vergrößerungswechsler 11 ist im vorliegenden

Ausführungsbeispiel bereits Teil des binokularen Strahlengangs des Operationsmikroskops 2, d.h. er weist eine eigene Linsenkombination für jeden stereoskopischen Teilstrahlengang 9A, 9B des Operationsmikroskops 2 auf. Das Einstellen eines Vergrößerungsfaktors mittels des
5 Vergrößerungswechslers 11 erfolgt im vorliegenden Ausführungsbeispiel über ein motorisch angetriebenes Stellglied, das zusammen mit dem Vergrößerungswechsler 11 Teil einer Vergrößerungswechseleinheit zum Einstellen des Vergrößerungsfaktors ist.

An den Vergrößerungswechsler 11 schließt sich beobachterseitig eine
10 Schnittstellenanordnung 13A, 13B an, über die externe Geräte an das Operationsmikroskop 1 angeschlossen werden können und die im vorliegenden Ausführungsbeispiel Strahlteilerprismen 15A, 15B umfasst. Grundsätzlich können aber auch andere Arten von Strahlteilern Verwendung finden, bspw. teildurchlässige Spiegel. Die Schnittstellen 13A, 13B dienen im
15 vorliegenden Ausführungsbeispiel dazu, mit Hilfe von Displays 37A, 37B, bspw. einer Digital Mirror Device (DMD) oder eines LCD-Displays, und zugehörigen Optiken 39A, 39B über die Strahlteilerprismen 15A, 15B digitale 2D- oder 3D-Objekte zeigende Einblendbilder in den jeweiligen Teilstrahlengang 9A, 9B des Operationsmikroskops 2 einzuspiegeln. Die
20 Displays 37A, 37B, die Optiken 39A, 39B sowie die Strahlteilerprismen 15A, 15B bilden somit eine Einblendvorrichtung zum Einblenden von Einblendbildern. Es können zudem weitere, nicht dargestellte Schnittstellen vorhanden sein, über die bspw. Strahlenbündel ausgekoppelt und elektronischen Bildsensoren wie etwa CCD-Sensoren oder CMOS-Sensoren
25 zugeführt werden. Mittels der Bildsensoren können digitale Bild des Beobachtungsobjekts 3 aufgenommen werden.

An die Schnittstellen 13A, 13B schließt sich beobachterseitig ein Binokulartubus 27 an. Dieser weist zwei Tubusobjektive 29A, 29B auf, welche das jeweilige parallele Strahlenbündel 9A, 9B auf eine Zwischenbildebene 31
30 fokussieren, also das Beobachtungsobjekt 3 auf die jeweilige Zwischenbildebene 31A, 31B abbilden. Die in den Zwischenbildebenen 31A, 31B befindlichen Zwischenbilder werden schließlich von Okularlinsen 35A, 35B wiederum nach Unendlich abgebildet, so dass ein Betrachter das

Zwischenbild mit entspanntem Auge betrachten kann. Außerdem erfolgt im Binokulartubus 27 mittels eines Spiegelsystems oder mittels Prismen 33A, 33B eine Vergrößerung des Abstandes zwischen den beiden Teilstrahlenbündeln 9A, 9B, um diesen an den Augenabstand des Betrachters anzupassen. Mit dem Spiegelsystem oder den Prismen 33A, 33B erfolgt zudem eine Bildaufrichtung.

Das Operationsmikroskop 2 ist außerdem mit einer Beleuchtungsanordnung ausgestattet, mit der das Objektfeld 3 mit breitbandigem Beleuchtungslicht beleuchtet werden kann. Hierzu weist die Beleuchtungsanordnung im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Weißlichtquelle 41, etwa eine Halogenglühlampe oder eine Gasentladungslampe, auf. Das von der Weißlichtquelle 41 ausgehende Licht wird über einen Umlenkspiegel 43 oder ein Umlenkprisma in Richtung auf das Objektfeld 3 gelenkt, um dieses auszuleuchten. In der Beleuchtungsanordnung ist weiterhin eine Beleuchtungsoptik 45 vorhanden, die für eine gleichmäßige Ausleuchtung des gesamten beobachteten Objektfeldes 3 sorgt.

Es sei darauf hingewiesen, dass der in Figur 2 dargestellte Beleuchtungsstrahlengang stark schematisiert ist und nicht notwendigerweise den tatsächlichen Verlauf des Beleuchtungsstrahlengangs wiedergibt. Grundsätzlich kann der Beleuchtungsstrahlengang als sogenannte Schrägbeleuchtung ausgeführt sein, die der schematischen Darstellung in Figur 2 am nächsten kommt. In einer solchen Schrägbeleuchtung verläuft der Strahlengang in einem relativ großen Winkel (6° oder mehr) zur optischen Achse des Objektivs 5 und kann, wie in Figur 2 dargestellt, vollständig außerhalb des Objektivs verlaufen. Alternativ besteht jedoch auch die Möglichkeit, den Beleuchtungsstrahlengang der Schrägbeleuchtung durch einen Randbereich des Objektivs 5 hindurch verlaufen zu lassen. Eine weitere Möglichkeit zur Anordnung des Beleuchtungsstrahlengangs ist die sogenannte 0° -Beleuchtung, bei der der Beleuchtungsstrahlengang durch das Objektiv 5 hindurch verläuft und zwischen den beiden Teilstrahlengängen 9A, 9B, entlang der optischen Achse des Objektivs 5 in Richtung auf das Beobachtungsobjekt 3 in das Objektiv 5 eingekoppelt wird. Schließlich besteht auch die Möglichkeit, den Beleuchtungsstrahlengang als sogenannte koaxiale

Beleuchtung auszuführen, in der ein erster und ein zweiter Beleuchtungsteilstrahlengang vorhanden sind. Die Teilstrahlengänge werden über einen oder mehrere Strahlteiler parallel zu den optischen Achsen der Beobachtungsteilstrahlengänge 9A, 9B in das Operationsmikroskop 2
5 eingekoppelt, so dass die Beleuchtung coaxial zu den beiden Beobachtungsteilstrahlengängen 9A, 9B verläuft.

In dem in Figur 2 dargestellten Operationsmikroskop 2 kann auf die Beleuchtung Einfluss genommen werden. Bspw. kann ein Filter 47 in den Beleuchtungsstrahlengang eingebracht werden, der von dem breiten
10 Spektrum der Weißlichtquelle 41 nur einen schmalen Spektralbereich passieren lässt, bspw. einen Spektralbereich, mit dem Fluoreszenz eines im Objektfeld 3 befindlichen Fluoreszenzfarbstoffes angeregt werden kann. Zur Beobachtung der Fluoreszenz können in die Beobachtungs-Teilstrahlengänge Filter 37A, 37B eingebracht werden, die den zur Fluoreszenzanregung
15 verwendeten Spektralbereich herausfiltern um die Fluoreszenz beobachten zu können. Auf der Basis von aufgenommenen Fluoreszenzbildern Bilder können bspw. digitale 2D- oder 3D-Objekte zum Einblenden in den Beobachtungsstrahlengang erstellt werden.

In der in Figur 2 gezeigten Ausführungsvariante des Operationsmikroskops 2
20 besteht das Objektiv 5 lediglich aus einer Achromatlinse. Es kann jedoch auch ein Objektivlinsensystem aus mehreren Linsen Verwendung finden, insbesondere ein so genanntes Vario-Objektiv, mit dem sich der Fokusabstand des Operationsmikroskops 2, d.h. der Abstand der objektseitigen Fokusebene vom Scheitel der ersten objektseitigen
25 Linsenfläche des Objektivs 5, auch Objektschnittweite genannt, variieren lässt. Auch vom Vario-Objektiv 50 wird das in der Fokusebene angeordnete Objektfeld 3 nach Unendlich abgebildet, so dass beobachterseitig ein paralleles Strahlenbündel vorliegt.

Ein Beispiel für ein Vario-Objektiv ist schematisch in Figur 3 dargestellt. Das
30 Vario-Objektiv 50 umfasst ein Positivglied 51, also ein optisches Element mit positiver Brechkraft, das in Figur 3 schematisch als Konvexlinse dargestellt ist. Darüber hinaus umfasst das Vario-Objektiv 50 ein Negativglied 52, also ein optisches Element mit negativer Brechkraft, das in Figur 3 schematisch als

Konkavlinse dargestellt ist. Das Negativglied 52 befindet sich zwischen dem Positivglied 51 und dem Objektfeld 3. Im dargestellten Vario-Objektiv 50 ist das Negativglied 52 fix angeordnet, wohingegen das Positivglied 51 wie durch den Doppelpfeil 53 angedeutet entlang der optischen Achse OA verschiebbar angeordnet ist. Wenn das Positivglied 51 in die in Figur 3 gestrichelt dargestellte Position verschoben wird, verlängert sich die Schnittweite, so dass sich der Fokusabstand des Operationsmikroskops 2 und damit die Lage der Fokusebene im Beobachtungsobjekt 3 ändert. Das Verschieben des Positivglieds 51 erfolgt im vorliegenden exemplarischen Ausführungsbeispiel mittels eines von der Mikroskopsteuerung 100 gesteuerten Motors (nicht dargestellt).

Obwohl in Figur 3 das Positivglied 51 verschiebbar ausgestaltet ist, besteht grundsätzlich auch die Möglichkeit, das Negativglied 52 statt des Positivglieds 51 entlang der optischen Achse OA bewegbar anzuordnen. Das Negativglied 52 bildet jedoch häufig die Abschlusslinse des Vario-Objektivs 50. Ein feststehendes Negativglied 52 bietet daher den Vorteil, dass das Innere des Operationsmikroskops 2 leichter gegen äußere Einflüsse abgedichtet werden kann. Weiterhin sei angemerkt, dass, obwohl das Positivglied 51 und das Negativglied 52 in Figur 3 lediglich als Einzellinsen dargestellt sind, jedes dieser Glieder statt in Form einer Einzellinse auch in Form einer Linsengruppe oder eines Kittglieds realisiert sein kann, bspw. um das Vario-Objektiv achromatisch oder apochromatisch auszubilden.

Figur 4 zeigt ein Beispiel für ein digitales Operationsmikroskop 2' in einer schematischen Darstellung. Bei diesem Operationsmikroskop 2' unterscheiden sich das Hauptobjektiv 5, der Vergrößerungswechsler 11, welcher in dem digitalen Operationsmikroskop lediglich eine Option darstellt und daher nicht zwingend vorhanden zu sein braucht, sowie das Beleuchtungssystem 41, 43, 45 nicht von dem in Figur 1 dargestellten Operationsmikroskop 2 mit optischem Einblick. Der Unterschied liegt darin, dass das in Figur 4 gezeigte Operationsmikroskop 2' keinen optischen Binokulartubus umfasst. Statt der Tubusobjektive 29A, 29B aus Figur 2 umfasst das Operationsmikroskop 2' aus Figur 4 Fokussierlinsen 49A, 49B mit denen die binokularen Beobachtungsstrahlengänge 9A, 9B auf digitale

Bildsensoren 61A, 61B abgebildet werden. Die digitalen Bildsensoren 61A, 61B können dabei beispielsweise CCD-Sensoren oder als CMOS-Sensoren sein. Die von den Bildsensoren 61A, 61B aufgenommenen Bilder werden digital an digitale Displays 63A, 63B gesendet, die als LED-Displays, als LCD-
5 Displays oder als auf organischen Leuchtdioden (OLEDs) beruhende Displays ausgebildet sein können. Den Displays 63A, 63B können wie im vorliegenden Beispiel Okularlinsen 65A, 65B zugeordnet sein, mit denen die auf den Displays 63A, 63B dargestellten Bildern nach unendlich abgebildet werden, so dass ein Betrachter sie mit entspannten Augen betrachten kann. Die Displays
10 63A, 63B und die Okularlinsen 65A, 65B können Teil eines digitalen Binokulartubus sein, sie können aber auch Teil eines am Kopf zu tragenden Displays (Head Mounted Display, HMD) wie etwa einer Datenbrille sein. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die aufgenommenen Bilder als stereoskopische Bilder auf einem großen Monitor darzustellen, der vom
15 Personal im Operationssaal mit geeigneten 3D-Brillen, etwa Polarisationsbrillen oder Shutter-Brillen betrachtet wird. Zum Unterscheiden der stereoskopischen Teilbilder können diese bei der Darstellung der stereoskopischen Bilder auf den Monitor bspw. mit unterschiedlichen Polarisationen des vom Monitor ausgesandten Lichtes dargestellt werden. Die
20 3D-Brillen enthalten dann schaltbare Polarisatoren, die synchron zu der Darstellung der Teilbilder auf dem Monitor geschaltet werden. Alternativ können die Teilbilder auch zweitsequentiell ohne definierte Polarisation dargestellt werden, wobei die Gläser der 3D-Brillen dann synchronisiert zwischen Lichtdurchlässig und lichtundurchlässig geschaltet werden.

25 Obwohl in Figur 4 wie in Figur 1 lediglich eine Achromatlinse 5 mit einer festen Brennweite dargestellt ist, kann das in Figur 3 gezeigte Operationsmikroskop 2' wie das in Figur 2 dargestellte Operationsmikroskop 2 ein Varioskopobjektiv statt der Objektivlinse 5 umfassen. Weiterhin ist in Figur 4 eine Übertragung der von den Bildsensoren 61A, 61B aufgenommenen Bilder an die Displays
30 63A, 63B mittels Kabeln 67A, 67B gezeigt. Statt Kabelgebunden können die Bilder jedoch auch drahtlos an die Displays 63A, 63B übertragen werden, insbesondere dann, wenn die Displays 63A, 63B Teil eines Head Mounted Displays sind. Außerdem kann zwischen der Aufnahme der Bilder und ihrer

Darstellung eine digitale Bildbearbeitung mittels einer digitalen Bildverarbeitungseinheit 66 erfolgen.

Mit Bezug auf Figur 5 wird ein erstes Beispiel für das Anpassen der Darstellungseigenschaften eines in einem Einblendbild dargestellten 2D- oder 3D-Objekts an die ermittelten Abbildungseigenschaften des Objektbildes, mit denen das Beobachtungsobjekt 3 in seiner vorgesehenen Lage im überlagerten Bild dargestellt wird, beschrieben. Die Figur zeigt auf der linken Seite schematisch das Beobachtungsobjekt 3, wie es im Objektbild dargestellt wird, die Fokusebene FE im Beobachtungsobjekt 3, die Tiefenverteilung T des Beobachtungsobjekts 3 im Objektbild und die mit dem Operationsmikroskop 2 realisierte Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs S. Das einzublendende 3D-Objekt 200 ist in Figur 5 zur besseren Veranschaulichung des Verfahrens mit drei Objektabschnitten 200A-C dargestellt. Auf der rechten Seite sind schematisch das Beobachtungsobjekts 3 und das 3D-Objekt 200 gezeigt, wie es in dem mit dem Einblendbild überlagerten Objektbild dargestellt wird. Der Vorgang der Überlagerung ist in der Figur durch ein „+“ symbolisiert.

Die Ausdehnung des in seiner Gänze scharfen 3D-Objekts 200 in Richtung der Tiefenverteilung T ist größer als die Ausdehnung Tiefenschärfebereiches S, die mit den im Operationsmikroskops 2 eingestellten Abbildungsparametern erzielt wird. Die Ausdehnung des Tiefenschärfebereiches S ist dabei die Ausdehnung desjenigen Tiefenbereiches im Beobachtungsobjekt 3, der im Objektbild scharf dargestellt ist. Dass die Ausdehnung des 3D-Objekts 200 in Richtung der Tiefenverteilung T größer als die Ausdehnung des Tiefenschärfebereiches S ist, führt ohne weitere Maßnahmen beim Überlagern des Objektbildes mit dem Einblendbild, also wenn das 3D-Objekt 200 in das Beobachtungsobjekt 3 eingeblendet wird, dazu, dass die Objektabschnitte 200A und 200C 3D-Objekts als scharf dargestellte Objektabschnitte 200A und 200C unscharf dargestellten Bereichen des Beobachtungsobjekts 3 überlagert würden. Lediglich der Objektabschnitt 200C würde dem scharf dargestellten Bereich des Beobachtungsobjekts 3 überlagert werden. Im Falle eines eingeblendeten 2D-Objekts würde bei einer Einblendung in einem Tiefenbereich des Beobachtungsobjekts 3, der sich außerhalb der Ausdehnung des Tiefenschärfebereiches S befindet (entsprechend dem

Objektabschnitt 200A oder dem Objektabschnitt 200C des dargestellten 3D-Objekts 200) das eingeblendete Objekt scharf dargestellt werden, obwohl die entsprechenden Bildabschnitte des Beobachtungsobjekts 3 unscharf sind. Die scharfe Darstellung eines eingeblendeten 2D-Objekts oder eines Objektabschnittes 200A, 200C eines eingeblendeten 3D-Objekts 200 in einem unscharf dargestellten Bereich des Beobachtungsobjekts 3 wäre für den Betrachter des mit dem eingeblendeten 2D- oder 3D-Objekt überlagerten Bildes nachteilig, da das Auftreten von scharfen Strukturen in ansonsten unscharfen Bereichen bei der Tiefenzuordnung irritiert. Die Bildschärfe liefert in einem Objektbild mit begrenzter Tiefenschärfe nämlich einen sogenannten monoskopischen Tiefenhinweis, d. h. der Nutzer assoziiert mit dem Auftreten einer bestimmten Schärfe eines Objekts unbewusst eine bestimmte Tiefenlage. Stimmt also die Schärfe eines eingeblendeten 2D-Objektes oder eines Objektabschnittes 200A, 200C eines eingeblendeten 3D-Objekts 200 nicht mit der Schärfe des Bereiches des dargestellten Beobachtungsobjekts 3, dem es überlagert wird, überein, so führt dies zu Verwirrung des Nutzers, und er kann die Höhenlage eines eingeblendeten 2D-Objekts nur schwer und womöglich sogar falsch einschätzen. Im Falle eines eingeblendeten 3D-Objekts 200 führt die scharfe Darstellung der Objektabschnitte 200A, 200C in unscharfen Bildbereichen außerdem zu einer Irritation, da der stereoskopische Tiefenhinweis eine andere Höhe indiziert als der monoskopischen Tiefenhinweis.

Im Rahmen des vorliegenden Verfahrens werden daher anhand der ermittelten Abbildungseigenschaften des Operationsmikroskops 2 und der Darstellungseigenschaft „vorgesehene Lage des 3D-Objekts 200 im überlagerten Bild“ die Objektabschnitte 200A und 200C in ihrer Schärfe an die Schärfe der Darstellung derjenigen Bereiche des Beobachtungsobjekts 3, denen sie überlagert werden sollen, angepasst, sodass die angepassten Objektabschnitte 200A', 200C' im angepassten 3D-Objekt 200' im mit dem Einblendbild überlagerten Objektbild mit derselben Schärfe wie die entsprechenden Bereiche des Beobachtungsobjekts 3 dargestellt werden. Auf diese Weise kann die beschriebene Verwirrung aufgrund eines falschen monoskopischen Tiefenhinweises vermieden werden.

Obwohl im vorliegenden Ausführungsbeispiel bei den angepassten Objektabschnitten 200A' und 200C' die Darstellungseigenschaft der Schärfe angepasst wurde, besteht die Möglichkeit zusätzlich oder alternativ andere Darstellungseigenschaften anzupassen. Beispielsweise können die

5 angepassten Objektabschnitte 200A' und 200C' anstatt in ihrer Schärfe (oder zusätzlich zu ihrer Schärfe) auch in ihrer farblichen Darstellung an die ermittelten Abbildungseigenschaften des Operationsmikroskops 2 angepasst werden. So könnten etwa die farbliche Gestaltung der angepassten Objektabschnitte 200A' und 200C' dadurch verändert werden, dass ihre

10 Farbsättigung im Vergleich zu den ursprünglichen Objektabschnitten 200A und 200C herabgesetzt wird und/oder ihr Farbton verändert wird. Als eine weitere Alternative besteht die Möglichkeit, statt ihrer farblichen Darstellung oder zusätzlich zu ihrer farblichen Darstellung den Transparenzgrad ihrer Darstellung zu verändern, sodass die angepassten Objektabschnitte 200A' und 200C' mit einer gegenüber dem Objektabschnitt 200B erhöhten Transparenz dargestellt werden. Als noch eine weitere Alternative besteht die Möglichkeit, bspw. diejenigen Teile, die in einem unscharf dargestellten Bereich des Beobachtungsobjekts 3 liegen würden, wegzulassen (sog. „Croppen“). 2D-Objekte können ebenfalls zusätzlich zu ihrer Schärfe in ihrer

15 farblichen Darstellung oder ihrem Transparenzgrad angepasst werden.

20

Für den Fall, dass die Tiefenverteilung T im Beobachtungsobjekt 3 nicht bekannt ist und ein einzublendendes 2D-Objekt nah an der lokalen Oberfläche des Beobachtungsobjekts 3 liegen soll, so besteht die Möglichkeit, die Schärfe der Darstellung der lokalen Oberfläche zu ermitteln und die Schärfe des

25 eingebblendeten 2D-Objekts an die ermittelte Schärfe der lokalen Oberfläche anzupassen.

Mit Bezug auf die Figuren 6 und 7 wird ein erstes Beispiel für das Anpassen wenigstens einer Abbildungseigenschaften des Objektbildes an die Darstellungseigenschaften des Einblendbildes, also an die

30 Darstellungseigenschaften, mit denen das einzublendende Objekt im Einblendbild dargestellt wird, beschrieben. Das Anpassen der Abbildungseigenschaften des Objektbildes erfolgt in diesem Beispiel durch Anpassen der Werte von Einstellparametern des Operationsmikroskops 2, und

dient dazu, die aktuellen Abbildungseigenschaften des Operationsmikroskops 2 – und damit die Abbildungseigenschaften des Objektbildes – an die vorgesehene Lage eines einzublendenden digitalen 3D-Objekts 200 in Bezug auf das Beobachtungsobjekt 3 sowie an die Tiefenausdehnung TA des einzublendenden digitalen 3D-Objekts 200 anzupassen.

Die Figur 6 zeigt auf der linken Seite schematisch das Beobachtungsobjekt 3, wie es im Objektbild dargestellt wird, die Fokusebene FE im Beobachtungsobjekt 3, die Tiefenverteilung T des Beobachtungsobjekts 3 im Objektbild und die mit dem Operationsmikroskop 2 realisierte Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs S. Rechts zeigt Figur 6 das mit dem einzublendenden 3D-Objekt 200 überlagerte Beobachtungsobjekt 3, wie es sich ohne Anpassung in dem mit dem Einblendbild überlagerten Objektbild darstellen würde. Die Tiefenausdehnung TA des einzublendenden digitalen 3D-Objekts 200 weist eine etwas größere Ausdehnung als die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereiches S im Objektbild auf. Außerdem ist die vorgesehene Lage des digitalen 3D-Objekts 200, mit der es in das Objektbild eingeblendet werden soll, derart, dass der untere Objektabschnitt 200B innerhalb der Fokusebene FE liegt und der obere Objektabschnitt 200A so weit oberhalb der Fokusebene FE, dass er sich bei der vorgesehenen Lage des 3D-Objekts im Objektbild ohne weitere Maßnahmen außerhalb der Ausdehnung des Tiefenschärfenbereiches S befindet und deshalb in einem Bereich des Objektbildes scharf eingeblendet wird, in dem das Beobachtungsobjekt 3 unscharf dargestellt ist. Als Folge davon befindet sich lediglich der untere Objektabschnitt 200B des digitalen 3D-Objekts 200 beim Einblenden innerhalb des durch das Operationsmikroskop 2 scharf dargestellten Bereichs des Beobachtungsobjekts 3. Der obere Objektabschnitt 200A des digitalen 3D-Objekts 200 befindet sich dagegen oberhalb des scharf dargestellten Bereichs des Beobachtungsobjekts 3. Infolge der Scharfen Darstellung des oberen Objektabschnitts würde das eingeblendete 3D-Objekts keinen korrekten Tiefeneindruck vermitteln.

Im Unterschied zum ersten Beispiel werden in dem jetzigen Beispiel nicht die Darstellungseigenschaften des einzublenden 3D-Objekts 200 an die erfassten Abbildungseigenschaften des Operationsmikroskops 2 angepasst, um eine

korrekten Tiefeneindruck zu vermitteln, sondern es werden die Abbildungseigenschaften des Objektbildes durch Anpassen seiner Abbildungseigenschaften an die Darstellungseigenschaften „Lage des digitalen 3D-Objekts 200 im Beobachtungsobjekt 3“ und „Tiefenausdehnung
5 TA des 3D-Objekts 200“ angepasst. Das Anpassen der Abbildungseigenschaften erfolgt dabei durch Anpassen von Werten der Einstellparameter des Operationsmikroskops 2.

Um die Anpassung der Werte der Einstellparameter des Operationsmikroskops 2 an die Lage des digitalen 3D-Objekts 200 im
10 Beobachtungsobjekt 3 und Tiefenausdehnung TA des 3D-Objekts 200 vornehmen zu können, werden die aktuellen Werte der Einstellparameter erfasst und daraus die Abbildungseigenschaften, mit denen das Beobachtungsobjekt 3 aktuell im Objektbild dargestellt wird (Abbildungseigenschaften des Objektbildes) ermittelt. Danach werden die
15 ermittelten Abbildungseigenschaften des Objektbildes mit der Lage des digitalen 3D-Objekts 200 im Beobachtungsobjekt 3 und der Tiefenausdehnung TA des 3D-Objekts verglichen (Schritt 300 in Figur 7), um festzustellen, wie die Fokusebene FE in Bezug auf die Lage des digitalen 3D-Objekts 200 im Beobachtungsobjekt 3 liegt und wie groß die Ausdehnung des
20 Tiefenschärfenbereiches S in Bezug auf die Tiefenausdehnung TA des 3D-Objekts ist. Der Vergleich kann bspw. von der Steuereinheit 100 ausgeführt werden, die dazu die Darstellungseigenschaften des 3D-Objekts 200 bspw. von der externen Datenquelle 130 oder der internen Datenquelle 140 empfängt oder abrufen. Anhand des Vergleichsergebnisses ermittelt die
25 Steuereinheit 100 dann, um wieviel sie die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereiches S vergrößern und/oder die Fokusebene FE verschieben muss, um zu erreichen, dass das 3D-Objekt 200 mit seiner Tiefenausdehnung TA in seiner vorgesehenen Lage in Bezug auf das Beobachtungsobjekt 3 vollständig innerhalb der Ausdehnung des
30 Tiefenschärfenbereiches S des Objektbildes liegt. Die Steuereinheit 100 ermittelt dann in Schritt 310 neue Werte für die Einstellparameter „Arbeitsabstand“, „Fokusabstand“ und „Durchmesser der Blendenöffnung“, mit denen die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereiches S und die Lage der Fokusebene an die vorgesehene Lage des 3D-Objekts 200 in Bezug auf das

Beobachtungsobjekt 3 und die Tiefenausdehnung TA des 3D-Objekts angepasst werden. Mittels der Anpassung der Werte der Einstellparameter des Operationsmikroskops 2 werden im vorliegenden Beispiel der Fokusabstand und/oder der Arbeitsabstand des Operationsmikroskops 2 angepasst, um im vorliegenden Beispiel die Fokusslage des Operationsmikroskops 2, d.h. die Lage seiner Fokusebene FE, etwas nach oben zu verschieben und sie dadurch an die in die Mitte des digitalen 3D-Objekts 200 zu verschieben. Außerdem wird der Durchmesser der Aperturblende des Operationsmikroskops 2 so eingestellt, dass die Ausdehnung des um die Fokusebene FE symmetrischen Tiefenschärfenbereichs S vergrößert wird, sodass sich das eingeblendete 3D-Objekt vollständig im Tiefenschärfenbereich S des Operationsmikroskops 2 befindet. Dadurch stimmen die Schärfe des eingeblendeten 3D-Objekts 200 und der Bereiche des Beobachtungsobjekts 3 denen das 3D-objekt überlagert wird, überein. Die beschriebene Anpassung ist schematisch in Figur 7 dargestellt.

Falls durch die Vergrößerung der Ausdehnung des Tiefenschärfenbereiches S die Auflösung soweit verringert wird, dass sich der Auflösungsverlust mit der eingestellten Zoomstellung des Operationsmikroskops 2 im Objektbild bemerkbar macht, kann noch die Zoomstellung derart angepasst werden, dass der im Objektbild dargestellte Bildausschnitt so weit ausgedehnt wird, dass sich die verringerte Auflösung nicht mehr störend bemerkbar macht. Falls die Einblendung wie in dem in Figur 2 gezeigten Operationsmikroskop 2 beobachterseitig des Zoom-Systems erfolgt, müsste das eingeblendete 3D-Objekt noch an den dargestellte Bildausschnitt angepasst werden. Bei einer Einblendung des 3D-Objekts objektseitig des Zoom-Systems ist dies dagegen nicht nötig.

Figur 8 zeigt ein Beispiel für das Anpassen der Darstellungseigenschaften eines Einblendbildes, welches ein digitales 3D-Objekt 200 zeigt, an die Abbildungseigenschaften eines stereoskopischen Objektbildes, in dem der im Objektbild dargestellte Tiefenbereich innerhalb der Stereokomfortzone des Nutzers dargestellt wird. Dass ein im Objektbild dargestellter Tiefenbereich innerhalb der Stereokomfortzone des Nutzers dargestellt wird, wird dadurch erreicht, dass eine vorgegebene maximal zulässige Ausdehnung des

Disparitätsintervalls MDI, mit dem der Tiefenbereich dargestellt wird, im stereoskopischen Objektbild nicht überschritten wird. Die vorgegebene maximal zulässige Ausdehnung des Disparitätsintervalls MDI kann optional von einem Nutzer zuvor an seine Bedürfnisse angepasst worden sein. Dazu

5 ist es vorteilhaft, wenn bspw. die Anpassungsvorrichtung 150 eine Möglichkeit bietet, die maximal zulässige Ausdehnung des Disparitätsintervalls MDI einzustellen. Zudem kann die maximal zulässige Ausdehnung des Disparitätsintervalls MDI weiter optional auch davon abhängig sein, in welchem Abstand der dargestellte Tiefenbereich im stereoskopischen

10 Objektbild vom Nutzer wahrgenommen werden soll. Im aktuellen Beispiel sind die Abbildungseigenschaften des Objektbildes so gewählt, dass die gesamte Tiefenausdehnung des Beobachtungsobjekts 3 innerhalb der maximal zulässigen Ausdehnung des Disparitätsintervalls MDI liegt.

Dass die gesamte Tiefenausdehnung des Beobachtungsobjekts 3 innerhalb

15 der maximal zulässigen Ausdehnung des Disparitätsintervalls MDI liegt, kann bspw. durch geeignete Werte für die Einstellparameter „Fokusabstand“, „Arbeitsabstand“, und „Zoomstellung“ erreicht werden. Im Falle eines digitalen Operationsmikroskops 2' kann dies statt einer geeigneten Einstellung der Werte der genannten Einstellparameter des Operationsmikroskops auch

20 durch eine in der digitalen Bildverarbeitungseinheit 66 durchgeführten Transformation der Disparitätswerte im stereoskopischen Objektbild erreicht werden. So können Disparitätswerte aus einem Disparitätsintervall, dessen Ausdehnung größer als die maximal zulässige Ausdehnung des Disparitätsintervalls ist, mittels einer linearen oder nichtlinearen

25 Transformation auf ein Disparitätsintervall abgebildet werden, dessen Ausdehnung der maximal zulässigen Ausdehnung des Disparitätsintervalls entspricht.

Figur 10 zeigt ein Beispiel, in dem Ausgangsdisparitätswerte D_a eines Objektbildes in einem Disparitätsintervall D_{Ia} liegen, dessen Ausdehnung

30 größer als die maximal zulässige Ausdehnung des Disparitätsintervalls MDI ist. Mittels einer linearen Transformation werden die Ausgangsdisparitätswerte D_a derart auf neue Disparitätswerte D_n abgebildet, dass die neue Disparitätswerte D_n des stereoskopischen Objektbildes alle in einem neuen

Disparitätsintervall D_{In} liegen, dessen Ausdehnung der maximal zulässigen Ausdehnung des Disparitätsintervalls MDI entspricht. Mit anderen Worten, mittels der linearen Transformation wird die Ausdehnung des Disparitätsintervalls gestaucht, wodurch der räumliche Eindruck im Objektbild
5 abgeschwächt wird. Selbstverständlich ist es auch eine Option, dass die Ausdehnung des neuen Disparitätsintervalls D_n geringer als die maximal zulässige Ausdehnung des Disparitätsintervalls MDI ist.

Figur 11 zeigt ein weiteres Beispiel, in dem Ausgangsdisparitätswerte D_a eines Objektbildes in einem Disparitätsintervall D_{Ia} liegen, dessen
10 Ausdehnung größer als die maximal zulässige Ausdehnung des Disparitätsintervalls MDI ist. Im Unterscheid zu dem in Figur 10 gezeigten Beispiel erfolgt jedoch eine nichtlineare Transformation statt einer linearen Transformation. In der nichtlinearen Transformation werden die kleinen Ausgangsdisparitätswerte D_a des Ausgangsdisparitätsintervalls D_{Ia} weniger
15 stark gestaucht als die großen Ausgangsdisparitätswerte D_a des Ausgangsdisparitätsintervalls D_{Ia} . Dadurch wird der räumliche Eindruck von weiter entfernt wahrgenommenen Objektabschnitte weniger reduziert als der räumliche Eindruck von näher wahrgenommenen Objektabschnitten.

Statt einer Stauchung der Ausdehnung des Disparitätsintervalls kann mittels
20 einer linearen oder nichtlinearen Transformation auch eine Streckung der Ausdehnung des Disparitätsintervalls erfolgen, um den räumlichen Eindruck im Objektbild zu verstärken.

Im aktuellen Beispiel weist das 3D-Objekt eine Tiefenausdehnung TA auf, die dazu führt, dass es bei einer Einblendung in seiner vorgesehenen Lage in
25 Bezug auf das Beobachtungsobjekt 3 der Objektabschnitt 200A in dem mit dem Einblendbild überlagerten Objektbild oberhalb des Beobachtungsobjekts 3 wahrgenommen würde, was bedeutet, dass sich die Disparitätswerte im überlagerten Bild über ein Disparitätsintervall erstrecken würde, das größer als das maximal zulässige Disparitätsintervall ist. Dadurch würde die
30 Stereokomfortzone des Nutzers verlassen.

Daher werden im aktuellen Beispiel von den Objektabschnitten 200A, 200B, 200C des 3D-Objekts nur diejenigen Objektabschnitte 200B, 200C in das

Objektbild eingeblendet, deren Disparitätswerte sich in der vorgesehenen Lage des digitalen 3D-Objekts in Bezug auf das Beobachtungsobjekt 3 innerhalb der maximal zulässigen Ausdehnung des Disparitätsintervalls MDI liegen (rechte Seite der Figur 8). Die übrigen Objektabschnitte 200A werden
5 dagegen aus dem Einblendbild entfernt.

Durch das Abschneiden entsteht ein abrupter Übergang. Um einen solchen abrupten Übergang zu vermeiden besteht aber auch die Möglichkeit, einen graduellen Übergang herbeizuführen. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass Objektabschnitte, die sich innerhalb oder außerhalb des
10 Disparitätsintervalls mit der maximal zulässigen Ausdehnung in der Nähe seiner Grenze befinden, mittels einer Veränderung ihres Farbtons, einer Verringerung ihrer Farbsättigung, einer Erhöhung ihrer Transparenz, etc. graduell ausgeblendet werden. Dabei kann eine Abwägung stattfinden, ob Bildinhalte oder die Einhaltung der Stereokomfortzone Vorrang haben. Im
15 ersten Fall könnte die Ausblendung erst außerhalb des Disparitätsintervalls mit der maximal zulässigen Ausdehnung beginnen, sodass das keine Objektabschnitte innerhalb des Disparitätsintervalls mit der maximal zulässigen Ausdehnung ausgeblendet werden. Im zweiten Fall könnte die Ausblendung dagegen bereits innerhalb des Disparitätsintervalls mit der
20 maximal zulässigen Ausdehnung beginnen, sodass sie am Rand des Disparitätsintervalls mit der maximal zulässigen Ausdehnung bereits beendet ist und somit außerhalb der Stereokomfortzone SKZ kein Objektabschnitt des 3D-Objekts mehr dargestellt wird. Selbstverständlich kann das graduelle Ausblenden auch innerhalb des Disparitätsintervalls mit der maximal
25 zulässigen Ausdehnung beginnen und erst außerhalb des Disparitätsintervalls mit der maximal zulässigen Ausdehnung enden. Welche Variante gewählt wird, kann auch von den Vorlieben des Nutzers des Operationsmikroskops 2 abhängig gemacht werden. Es ist daher vorteilhaft, wenn die Anpassungsvorrichtung 150 eine Möglichkeit bietet, einzustellen, wo das
30 graduelle Ausblenden beginnen und enden soll.

Statt des Ausblendens derjenigen Objektabschnitte, die außerhalb des Disparitätsintervalls mit seiner maximal zulässigen Ausdehnung liegen, besteht auch die Möglichkeit, die Disparitätswerte im stereoskopischen

Einblendbild mittels einer linearen Transformation, wie beispielhaft in Figur 10 gezeigt ist, oder mittels einer nichtlinearen Transformation, wie beispielhaft in Figur 11 gezeigt ist, so zu verändern, dass die veränderten Disparitätswerte bei der Einblendung des stereoskopischen Einblendbildes in das stereoskopische Objektbild alle innerhalb des Disparitätsintervalls mit seiner maximal zulässigen Ausdehnung liegen. Mit anderen Worten, mittels der Transformation kann der räumliche Eindruck des 3D-Objekts so weit gestaucht werden dass er innerhalb der Stereokomfortzone des Nutzers liegt. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die Darstellung aller Objektabschnitte des 3D-Objekts für den Nutzer wichtig ist. Ist andererseits die räumliche Wahrnehmung des 3D-Objekts wichtiger als die Darstellung aller Objektabschnitte, kann es vorteilhaft sein, Objektabschnitte wegzulassen, wie dies wie mit Bezug auf Figur 8 beschrieben worden ist.

Figur 9 zeigt ein Beispiel für das Anpassen der Darstellungseigenschaften eines ein 2D-Objekt darstellenden Einblendbildes an die Abbildungseigenschaften des Objektbildes. Insbesondere erfolgt in diesem Beispiel eine Einblenden des 2D-Objekts mittels eines stereoskopischen Einblendbilds in ein stereoskopisches Objektbild, sodass das das eingeblendete 2D-Objekt, das bspw. Markierungen oder Textinformationen repräsentieren kann, vom Betrachter des mit dem stereoskopischen Einblendbild überlagerten stereoskopischen Objektbildes in einer bestimmten Einblende Ebene wahrgenommen wird. Durch geeignete Wahl der Disparität der stereoskopischen Teilbilder des Einblendbildes kann die Lage dieser Einblende Ebene in Bezug auf das Beobachtungsobjekts 3 festgelegt werden. Dabei kann es jedoch vorkommen, dass Markierungen, Textinformationen oder andere 2D-Objekte vollständig oder teilweise hinter den Bereichen des Beobachtungsobjektes 3 wahrgenommen werden, die sie bspw. markieren oder beschriften sollen. Eine solche Wahrnehmung von Markierungen oder Textinformationen hinter den Bereichen des Beobachtungsobjektes 3, die sie markieren oder beschriften sollen, wird von den meisten Nutzern als irritierend empfunden.

Im Rahmen des in Figur 9 dargestellten Beispiels erfolgt eine Anpassung der Disparität der beiden stereoskopischen Teilbilder des stereoskopischen

Einblendbilds an die die Stereokomfortzone bestimmende maximale Ausdehnung des Disparitätsintervalls MDI und der Tiefenverteilung T des Beobachtungsobjekts 3. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass für die mit Bezug auf Figur 9 beschriebene Anpassung vorausgesetzt wird, dass die Oberfläche des Beobachtungsobjekts 3 innerhalb der Stereokomfortzone liegt, also innerhalb der die Stereokomfortzone repräsentierenden maximalen Ausdehnung des Disparitätsintervalls MDI.

Für das Anpassen der Disparität der stereoskopischen Teilbilder des das 2D-Objekt wiedergebenden stereoskopischen Einblendbildes empfängt die Anpassungsvorrichtung 150 in Schritt 320 zuerst von einer der externen oder internen Datenquellen das einzublendende 2D-Objekt. In Schritt 330 empfängt sie von der der Abbildungseigenschaft-Ermittlungsvorrichtung 115 die ermittelten Abbildungseigenschaften des Objektbildes, insbesondere die Lage und die Ausdehnung des Disparitätsintervalls. Lage und Ausdehnung des Disparitätsintervalls können dabei bspw. relativ zur Hauptebene des Hauptobjektivs oder in einem globalen dreidimensionalen Koordinatensystem, etwa dem Koordinatensystem eines Navigationssystems, angegeben sein. Außerdem empfängt die Anpassungsvorrichtung 150 in Schritt 330 auch die Tiefenverteilung T des Beobachtungsobjekts 3 von einer Tiefenverteilung-Erfassungsvorrichtung, etwa dem Time-of-Flight-Sensor 4. Wie die Lage und die Ausdehnung der des Disparitätsintervalls kann die Tiefenverteilung T relativ zur Hauptebene des Hauptobjektivs oder in einem globalen dreidimensionalen Koordinatensystem angegeben sein. Anhand der Lage und der Ausdehnung des Disparitätsintervalls sowie der Tiefenverteilung T des Beobachtungsobjekts 3 ermittelt die Anpassungsvorrichtung 150 dann in Schritt 340 eine angepasste Disparität, mit der das 2D-Objekt im stereoskopischen Einblendbild dargestellt werden soll, damit es in dem mit dem Einblendbild überlagerten Objektbild knapp oberhalb der Oberfläche des Beobachtungsobjekts 3 wahrgenommen wird, also die Einblendebene EE, in der das 2D-Objekt eingeblendet wird, knapp oberhalb der Oberfläche des Beobachtungsobjekts 3 innerhalb der Stereokomfortzone liegt. Die angepasste Disparität wird dann an die Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung 120 ausgegeben, die in Schritt 350 stereoskopische Einblendteilbilder mit der angepassten Disparität generiert. Durch diese Anpassung der Disparität lässt

sich vermeiden, dass 2D-Objekte wie etwa Markierungen oder Textinformationen vollständig oder teilweise unter denjenigen Bereichen des Beobachtungsobjektes liegend wahrgenommen werden, die sie markieren oder beschriften sollen.

- 5 Für den Fall, dass das auch die Oberfläche einschließende Disparitätsintervall eine größere Ausdehnung als die maximal zulässige Ausdehnung des Disparitätsintervalls MDI aufweist, können die Disparitätswerte im stereoskopischen Objektbild von der digitalen Bildverarbeitungseinheit 66 mittels einer linearen oder nichtlinearen Transformation, wie sie mit Bezug auf
- 10 Figur 10 bzw. Figur 11 beschrieben worden ist, transformiert werden. Dabei können die Disparitätswerte des stereoskopischen Objektbildes so transformiert werden, dass die Ausdehnung des die Oberfläche einschließenden Disparitätsintervalls nach der Transformation die maximal zulässige Ausdehnung des Disparitätsintervalls MDI nicht mehr überschreitet.
- 15 Danach können dann die Disparitätswerte des stereoskopischen Einblendbildes wie oben beschrieben derart angepasst werden, dass die Einblendeebene EE, in der das 2D-Objekt eingeblendet wird, knapp oberhalb der Oberfläche des Beobachtungsobjekts 3 und noch innerhalb des Disparitätsintervalls mit der maximal zulässigen Ausdehnung liegt
- 20 Falls das 2D-Objekt nur in einen bestimmten lateralen Abschnitt LA des stereoskopischen Objektbildes eingeblendet werden soll, besteht auch die Möglichkeit, die Disparität der stereoskopischen Einblendtebilder so einzustellen, dass das 2D-Objekt in einer Einblendeebene EE' knapp oberhalb der lokalen Oberfläche dieses lateralen Abschnitts LA dargestellt wird. Diese
- 25 Einblendeebene EE' kann dabei auch unterhalb der Oberfläche von Bereichen des Beobachtungsobjekts 3 liegen, die sich außerhalb bestimmten lateralen Abschnitts LA befinden, wie dies in Figur 9 ebenfalls dargestellt ist. In diesem Fall ist es daher auch nicht notwendig, dass die gesamte Oberfläche des Beobachtungsobjekts 3 innerhalb der maximal zulässigen Ausdehnung des
- 30 Disparitätsintervalls MDI, also innerhalb der Stereokomfortzone, liegt. Es ist lediglich erforderlich, dass die Oberfläche des lateralen Abschnitts LA innerhalb der maximal zulässigen Ausdehnung des Disparitätsintervalls MDI, d.h. innerhalb der Stereokomfortzone liegt.

Häufig sind in ein mit einem optischen Beobachtungsgerät 2, 2' gewonnenes Objektbild einzublendende 3D-Objekte 200 in einer Richtung entlang der optischen Achse des optischen Beobachtungsgeräts 2, 2' ausgedehnter als die Ausdehnung des Tiefenschärfebereichs S der mit dem optischen Beobachtungsgerät 2, 2' erzielten Abbildung. Daher besteht vorliegenden exemplarischen Ausführungsbeispiel eine Möglichkeit der Anpassung wenigstens einer Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes. Im vorliegenden exemplarischen Ausführungsbeispiel werden die Lage der Fokusebene FE und die Ausdehnung des Tiefenschärfebereichs S des Objektbildes als Abbildungseigenschaften des Objektbildes ermittelt, und es wird wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbilds an die Lage der Fokusebene FE sowie an die Ausdehnung des Tiefenschärfebereichs S angepasst. Die Anpassung der Darstellungseigenschaft des Einblendbilds kann etwa darin bestehen, die Darstellung des 3D-Objekts 200 im Einblendbild auf den Tiefenschärfebereich S des Objektbildes zu beschränken, beispielsweise durch Beschneiden des 3D-Objekts 200 im Einblendbild. Sie kann aber auch darin bestehen, die Transparenz des im Einblendbild dargestellten 3D-Objekts 200 außerhalb des Tiefenschärfebereichs S zu erhöhen, die Farbsättigung des im Einblendbild dargestellten 3D-Objekts 200 außerhalb des Tiefenschärfebereichs S zu verringern oder die Darstellungsschärfe des im Einblendbild dargestellten 3D-Objekts 200 außerhalb des Tiefenschärfebereichs S zu verringern. Auch eine Kombination der genannten Maßnahmen, wie bspw. eine Kombination der Erhöhung der Transparenz des im Einblendbild dargestellten 3D-Objekts 200 außerhalb des Tiefenschärfebereichs S mit einer Verringerung der Farbsättigung und/oder mit einer Verringerung der Darstellungsschärfe ist möglich. Eine derartige Anpassung ist schematisch in Figur 12 gezeigt. Die Figur zeigt stark schematisiert ein Operationsmikroskop 2, 2' sowie die Fokusebene FE des Operationsmikroskops 2, 2' und die Ausdehnung des Tiefenschärfebereichs S um die Fokusebene FE. Ebenfalls schematisch dargestellt ist ein mittels eines Einblendbildes eingeblendetes 3D-Objekt 200. Das 3D-Objekt 200 ragt teilweise in den Tiefenschärfebereich S des Operationsmikroskops 2, 2' hinein, liegt aber zum größten Teil unterhalb des Tiefenschärfebereichs S, d. h. zum

größten Teil entlang der optischen Achse (z-Richtung) weiter vom Operationsmikroskop 2, 2' entfernt als der Tiefenschärfebereich S des Operationsmikroskops 2, 2'. Der außerhalb des Tiefenschärfebereichs S liegende Abschnitt des 3D-Objekts 200 ist in Figur 12 gestrichelt dargestellt, um zu signalisieren, dass eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes derart an die Lage der Fokusebene FE und die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs S, angepasst ist, dass das 3D-Objekt außerhalb des Tiefenschärfebereichs S anders als innerhalb des Tiefenschärfebereichs S dargestellt wird. Im vorliegenden Beispiel ist das Einblendbild derart an die Lage der Fokusebene und die Ausdehnung des Tiefenschärfebereichs S angepasst, dass das 3D-Objekt außerhalb des Tiefenschärfebereichs S mit erhöhter Transparenz dargestellt wird. Die anderen beschriebenen Anpassungen wie beispielsweise das Darstellen des 3D-Objekts 200 mit geringerer Farbsättigung, das Darstellen des 3D-Objekts 200 mit geringerer Darstellungsschärfe oder das Abschneiden des 3D-Objekts 200 außerhalb des Tiefenschärfebereichs S sind dabei ebenso möglich. Außerdem können die beschriebenen Anpassungen auch miteinander kombiniert werden.

Es gibt jedoch auch Situationen, in denen Bereiche des 3D-Objekts 200 visualisiert werden sollen, die teilweise oder vollständig außerhalb des Tiefenschärfebereichs S des Objektbildes liegen. Beispielsweise kann es die Anpassungsvorrichtung 150 ermöglichen, derart auf die Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung 120 einzuwirken, dass das Einblendbild eine virtuelle Fokusebene vFE aufweist, die gegenüber der Fokusebene FE des Objektbildes um einen Betrag Δz entlang der optischen Achse verschoben ist wie dies schematisch in Figur 13 dargestellt ist. Insbesondere kann die Anpassungsvorrichtung 150 dazu eingebildet sein, einen frei wählbaren Wert für die Verschiebung Δz einzustellen. Mit anderen Worten, das 3D-Objekt 200 soll in einer vom Anwender frei wählbaren anderen Ebene scharf dargestellt werden als das reale Beobachtungsobjekt. Die Verschiebung Δz der virtuellen Fokusebene vFE des Einblendbildes in Bezug auf die Fokusebene FE des Objektbildes stellt dabei auch eine Anpassung einer Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an eine Abbildungseigenschaft des Objektbildes dar, nämlich das Einbringen oder Verändern eines Offsets der (virtuellen) Fokusebene vFE des Einblendbildes (Darstellungseigenschaft des

Einblendbildes) in Bezug auf die (reelle) Fokusebene FE der mit dem Operationsmikroskop 2, 2' erzeugten Abbildung (Abbildungseigenschaft des Objektbildes).

5 Durch die Verschiebung der virtuelle Fokusebene vFE des Einblendbildes können Strukturen des 3D-Objekts scharf dargestellt, die unterhalb des im Tiefenschärfebereich S dargestellten Abschnitts des Beobachtungsobjekts liegen. Auf diese Weise kann beispielsweise ein Chirurg abschätzen, wie tief unterhalb des im Tiefenschärfebereich S dargestellten Abschnitt des Beobachtungsobjekts die entsprechende Struktur des 3D-Objekts 200 liegt. In
10 diesem Fall ist es wünschenswert, dass um die virtuelle Fokusebene vFE herum ein virtueller Tiefenschärfebereich vS vorliegt, in dem das einzublendende 3D-Objekt deutlich dargestellt ist. Außerhalb dieses virtuellen Tiefenschärfebereichs vS wird die Darstellung des 3D-Objekts'200 im Einblendbild angepasst, um beispielsweise zu verhindern, dass die im
15 virtuellen Tiefenschärfebereich vS liegenden Abschnitte des 3D-Objekts 200 von im Einblendbild darüberliegenden Abschnitten des 3D-Objekts 200 verdeckt werden. Die Anpassung, die in Figur 13 durch eine gestrichelte Darstellung des 3D-Objekts 200 symbolisiert ist, erfolgt im vorliegenden exemplarischen Ausführungsbeispiel, indem das 3D-Objekt 200 im
20 Einblendbild lediglich in einem Bereich scharf dargestellt wird, der zwischen zwei zur virtuellen Fokusebene vFE parallel verlaufenden Schnittebenen SE liegt. Im radikalsten Fall kann die Darstellung des 3D-Objekts 200 im Einblendbild entlang der Schnittebenen SE beschnitten werden, so dass lediglich der zwischen den Schnittebenen SE liegende, scharf dargestellte
25 Abschnitt des 3D-Objekts 200 zu sehen ist. Alternative Möglichkeiten der Anpassung bestehen darin, alle außerhalb der parallelen Schnittebenen SE gelegenen Abschnitte des 3D-Objekts 200 im Einblendbild mit einer höheren Transparenz und/oder einer geringeren Farbsättigung und/oder einer geringeren Schärfe der Darstellung zu versehen, um den zwischen den
30 Schnittebenen liegenden Bereich des 3D-Objekts 200 gegenüber den außerhalb der Schnittebenen SE liegenden Bereiche des 3D-Objekts'200 hervorzuheben.

Obwohl der Tiefenschärfebereich S des Objektbildes und der virtuelle Tiefenschärfebereich vS in dem in Figur 13 dargestellten Beispiel einander nicht überlappen und einander auch nicht berühren, kann die dem Tiefenschärfebereich S des Objektbildes zugewandte Schnittebene SE mit der

5 Grenze des Tiefenschärfebereich S im Objektbild zusammenfallen, sodass der Eindruck entsteht, dass sich die Darstellung des 3D Objekts 200 unmittelbar an die reale Darstellung des Beobachtungsobjekts anschließt. Zudem besteht die Möglichkeit, dass der Tiefenschärfebereich S des Objektbildes mit dem

10 virtuellen Tiefenschärfebereich vS des Einblendbildes überlappt. In diesem Fall kann es sinnvoll sein, die Darstellung des 3D-Objekts 200 im Überlappbereich anzupassen, beispielsweise auszublenden, mit hoher Transparenz, niedriger Farbsättigung oder niedriger Darstellungsschärfe zu versehen, obwohl dieser Bereich zwischen den beiden Schnittebenen SE des

15 virtuellen Tiefenschärfebereich vS liegt. Auch dies stellt eine Anpassung einer Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an eine Abbildungseigenschaft des Objektbildes, nämlich an die Lage der Fokusebene FE und an die Ausdehnung des Tiefenschärfebereichs S, dar.

Die vorliegende Erfindung wurde zu Erläuterungszwecken anhand von exemplarischen Ausführungsbeispielen im Detail beschrieben. Ein Fachmann

20 versteht jedoch, dass im Rahmen der Erfindung von den exemplarischen Ausführungsbeispielen abgewichen werden kann. Die vorliegende Erfindung soll daher nicht durch die exemplarischen Ausführungsbeispiele beschränkt sein, sondern ausschließlich durch die beigefügten Ansprüche.

Bezugszeichenliste

	2, 2'	Operationsmikroskop
	3	Beobachtungsobjekt
	4	Time-of-Flight-Sensor
5	5	Objektiv
	7A,B	divergentes Strahlenbündel
	9A,B	stereoskopischer Teilstrahlengang
	11	Vergrößerungswechsler
	13A,B	Schnittstellenanordnung
10	15A,B	Strahlteilerprisma
	27	Binokulartubus
	29A,B	Tubusobjektiv
	31A,B	Zwischenbildebene
	33A,B	Prisma
15	35A,B	Okularlinse
	37A,B	Display
	39A,B	Optik
	41	Weißlichtquelle
	43	Umlenkspiegel
20	45	Beleuchtungsoptik
	49A,B	Fokussierlinse
	50	Vario-Objektiv
	51	Positivglied
	52	Negativglied
25	53	Verschiebeweg
	61A,B	Bildsensor
	63A,B	Display
	65A,B	Okularlinse
	66	digitale Bildverarbeitungseinheit
30	67A,B	Kabel
	100	Mikroskopsteuerung
	110	Einstellparameter-Erfassungsvorrichtung
	115	Abbildungseigenschaft-Ermittlungsvorrichtung
	120	Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung
35	130	externe Datenquellen
	140	interne Datenquellen

	150	Anpassungsvorrichtung
	200	digitales Objekt
	200A;B;C	Objektabschnitte
	300	Tiefenausdehnung ermitteln
5	310	Abbildungsparameter anpassen
	320	Objekt empfangen
	330	Abbildungseigenschaften und Tiefenverteilung empfangen
	340	angepasste Disparität ermitteln
	350	stereoskopische Teilbilder anpassen
10	FE	Fokusebene
	S	Ausdehnung des Tiefenschärfebereiches
	T	Tiefenverteilung
	FE	Fokusebene
	MDI	maximal zulässige Ausdehnung des Disparitätsintervalls
15	TA	Tiefenausdehnung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einblenden eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt (200) darstellenden Einblendbildes in ein mit einem optischen Beobachtungsgerät (2, 2') gewonnenes und ein Beobachtungsobjekt (3) abbildendes Objektbild, wobei die Abbildung des Beobachtungsobjekts (3) im Objektbild mit wenigstens einer die Abbildung zumindest mitbestimmenden Abbildungseigenschaft erfolgt, wobei
5
10 wenigstens eine Abbildungseigenschaft des Objektbildes ermittelt wird, und vor dem Einblenden des Einblendbildes in das Objektbild zumindest eine Anpassung wenigstens einer Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes auf der Basis der wenigstens einen ermittelten Abbildungseigenschaft vorgenommen wird,
15 wobei die wenigstens eine Abbildungseigenschaft wenigstens eine aus der folgenden der folgenden Gruppe von Abbildungseigenschaften ist:
(a) die Lage der Fokusebene der Abbildung,
(b) die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs der Abbildung,
20 (c) die Ausdehnung des Disparitätsintervalls, mit dem das Beobachtungsobjekt (3) im Falle eines stereoskopischen Objektbildes dargestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, in dem die Anpassung der wenigstens einen Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes mittels eines Anpassens des Wertes wenigstens eines Einstellparameters erfolgt.
25
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, in dem die Anpassung der wenigstens einen Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes mittels einer digitalen Bildtransformation erfolgt.
30
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, in dem

- das Objektbild ein stereoskopische Objektbildteilbilder aufweisendes stereoskopisches Objektbild ist und die wenigstens eine Abbildungseigenschaft des stereoskopischen Objektbildes die Ausdehnung des Disparitätsintervalls der stereoskopischen Objektteilbilder beinhaltet,
 - das Einblendbild ein stereoskopische Einblendteilbilder aufweisendes stereoskopisches Einblendbild ist und die wenigstens eine Darstellungseigenschaft des stereoskopischen Einblendbildes die Ausdehnung des Disparitätsintervalls der stereoskopischen Einblendteilbilder beinhaltet, und
 - vor dem Einblenden des stereoskopischen Einblendbilds in das stereoskopische Objektbild wenigstens eine Anpassung der Ausdehnung des Disparitätsintervalls des stereoskopischen Objektbildes an die Ausdehnung des Disparitätsintervalls des stereoskopischen Einblendbildes vorgenommen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, in dem vor dem Einblenden des Einblendbildes in das Objektbild zumindest eine Anpassung wenigstens einer Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes vorgenommen wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, in dem die Anpassung der wenigsten einen Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die ermittelten Abbildungseigenschaften des Objektbildes wenigstens eine der folgenden Anpassungen einer Darstellungseigenschaft umfasst:
- Anpassung der Darstellungsschärfe des wenigstens einen im Einblendbild dargestellten digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - Anpassung der Darstellungsfarbe des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,

- Anpassung der Transparenz der Darstellung des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - Anpassung durch ein Beschneiden der Darstellung des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - Anpassung der Lage der Fokusebene (vFE) des Einblendbildes durch Einbringen oder Verändern eines Offsets (Δz) zwischen der Lage der Fokusebene (FE) der Abbildung und der Lage der Fokusebene (vFE) des Einblendbildes.
7. Verfahren zum Einblenden eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt (200) darstellenden Einblendbildes in ein mit einem optischen Beobachtungsgerät (2, 2') gewonnenes und ein Beobachtungsobjekt (3) abbildendes Objektbild, wobei die Abbildung des Beobachtungsobjekts (3) im Objektbild mit wenigstens einer die Abbildung zumindest mitbestimmenden Abbildungseigenschaft erfolgt, wobei
- wenigstens eine Abbildungseigenschaft des Objektbildes ermittelt wird, und vor dem Einblenden des Einblendbildes in das Objektbild zumindest eine Anpassung wenigstens einer Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes vorgenommen wird, wobei die wenigstens eine Abbildungseigenschaft wenigstens eine aus der folgenden der folgenden Gruppe von Abbildungseigenschaften ist:
- (a) die Lage der Fokusebene der Abbildung,
 - (b) die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs der Abbildung,
 - (c) die Ausdehnung des Disparitätsintervalls, mit dem das Beobachtungsobjekt (3) im Falle eines stereoskopischen Objektbildes dargestellt wird,
- und
- die Anpassung der wenigsten einen Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die ermittelten Abbildungseigenschaften des

Objektbildes wenigstens eine der folgenden Anpassungen einer Darstellungseigenschaft umfasst:

- 5 - Anpassung der Darstellungsschärfe des wenigstens einen im Einblendbild dargestellten digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - Anpassung der Darstellungsfarbe des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - 10 - Anpassung der Transparenz der Darstellung des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - Anpassung durch ein Beschneiden der Darstellung des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - 15 - Anpassung der Lage der Fokusebene (vFE) des Einblendbildes durch Einbringen oder Verändern eines Offsets (Δz) zwischen der Lage der Fokusebene (FE) der Abbildung und der Lage der Fokusebene (vFE) des Einblendbildes.
- 20 8. Verfahren nach Anspruch 7, in dem
- das Objektbild ein stereoskopische Objektbildteilbilder aufweisendes stereoskopisches Objektbild ist und die wenigstens eine Abbildungseigenschaft des stereoskopischen Objektbildes die Ausdehnung des Disparitätsintervalls der stereoskopischen
 - 25 Objektteilbilder beinhaltet,
 - das Einblendbild ein stereoskopische Einblendteilbilder aufweisendes stereoskopisches Einblendbild ist und die wenigstens eine Darstellungseigenschaft des stereoskopischen Einblendbildes die Ausdehnung des Disparitätsintervalls der stereoskopischen
 - 30 Einblendteilbilder beinhaltet, und
 - vor dem Einblenden des stereoskopischen Einblendbilds in das stereoskopische Objektbild wenigstens eine Anpassung der Ausdehnung des Disparitätsintervalls des stereoskopischen

Einblendbildes an die Ausdehnung des Disparitätsintervalls des stereoskopischen Objektbildes vorgenommen wird.

- 5 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, das außerdem einen Schritt des Vergleichens der wenigstens einen ermittelten Abbildungseigenschaft mit wenigstens einer vorgesehenen Darstellungseigenschaft des Einblendbildes umfasst und in dem die wenigstens eine Anpassung in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis erfolgt.
- 10 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, in dem außerdem die Tiefenverteilung (T) des Beobachtungsobjekts (3) erfasst wird, und die erfasste Tiefenverteilung (T) bei mindestens einer der vor dem Einblenden des Einblendbilds in das Objektbild vorgenommenen Anpassungen berücksichtigt wird.
- 15 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, in dem der Wert wenigstens eines Einstellparameters des optischen Beobachtungsgeräts (2, 2') erfasst wird und die wenigstens eine Abbildungseigenschaft anhand des erfassten Wertes des wenigstens einen Einstellparameters des optischen Beobachtungsgeräts (2, 2') ermittelt wird.
- 20 12. Optisches Beobachtungssystem mit
- 25 - einem optischen Beobachtungsgerät (2, 2') zum Erzeugen eines Objektbildes von einem Beobachtungsobjekt (3),
- einer Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung (120) zum Erzeugen eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt (200) darstellenden Einblendbildes;
- 30 - einer Einblendvorrichtung (15, 37, 39) zum Einblenden des Einblendbildes in das Objektbild (digital oder optisch), um das wenigstens eine digitale 2D- oder 3D-Objekt (200) dem in dem Objektbild dargestellten Beobachtungsobjekt (3) zu überlagern,

- einer Einstellvorrichtung (100), die dazu eingerichtet ist, eine Einstellung wenigstens einer die Abbildung des Beobachtungsobjekts (3) im Objektbild beeinflussenden Abbildungseigenschaft zu ermöglichen,
- 5 - einer Abbildungseigenschaft-Ermittlungsvorrichtung (115), die dazu eingerichtet ist, wenigsten eine eingestellte Abbildungseigenschaft der Abbildung des Beobachtungsobjekts (3) im Objektbild zu ermitteln, und
- einer Anpassungsvorrichtung (150), die dazu eingerichtet ist, vor
10 dem Einblenden des Einblendbilds in das Objektbild zumindest eine Einwirkung auf die Einstellvorrichtung (100) zum Anpassen wenigstens einer Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes auf der Basis der wenigstens einen ermittelten Abbildungseigenschaft vorzunehmen,
- 15 wobei die wenigstens eine Abbildungseigenschaft wenigstens eine aus der folgenden der folgenden Gruppe von Abbildungseigenschaften ist:
 - (a) die Lage der Fokusebene der Abbildung,
 - (b) die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs der Abbildung,
 - (c) die Ausdehnung des Disparitätsintervalls, mit dem das
20 Beobachtungsobjekt (3) im Falle eines stereoskopischen Objektbildes dargestellt wird.
- 13. Optisches Beobachtungssystem nach Anspruch 12, in dem
 - die Einstellvorrichtung (100) dazu eingerichtet ist, zum Einstellen
25 der Abbildungseigenschaft eine Einstellung des Wertes wenigstens eines Einstellparameters des optischen Beobachtungsgeräts (2, 2') vorzunehmen, und
 - die Anpassungsvorrichtung (150) dazu eingerichtet ist, derart auf die Einstellvorrichtung (100) einzuwirken, dass über eine Anpassung
30 des Wertes wenigstens eines Einstellparameters die Anpassung der ermittelten Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes erfolgt.

14. Optisches Beobachtungssystem nach Anspruch 12 oder Anspruch 13, in dem die Anpassungsvorrichtung (150) eine digitale Bildtransformationseinheit zum Transformieren des Objektbildes umfasst.
- 5 15. Optisches Beobachtungssystem nach einem der Ansprüche 12 bis 14, in dem
- 10 - das optische Beobachtungsgerät (2, 2') zum Erzeugen eines stereoskopische Objektbildteilbilder aufweisenden stereoskopischen Objektbildes von einem Beobachtungsobjekt (3) ausgebildet ist und die
- 15 - die Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung (120) zum Erzeugen eines stereoskopische Einblendteilbilder aufweisenden stereoskopischen Einblendbild ausgebildet ist und die wenigstens eine
- 20 Darstellungseigenschaft des stereoskopischen Einblendbildes die Ausdehnung des Disparitätsintervalls der stereoskopischen Einblendteilbilder beinhaltet, und
- 25 - die Anpassungsvorrichtung (150) dazu eingerichtet ist, vor dem Einblenden des stereoskopischen Einblendbilds in das stereoskopische Objektbild zumindest eine Einwirkung auf die Einstellvorrichtung (100) zum Anpassen der Ausdehnung des Disparitätsintervalls des stereoskopischen Objektbildes an die Ausdehnung des Disparitätsintervalls des stereoskopischen Einblendbildes vorzunehmen.
- 30 16. Optisches Beobachtungssystem nach einem der Ansprüche 12 bis 15, in dem die Anpassungsvorrichtung (150) dazu eingerichtet ist, vor dem Einblenden des Einblendbilds in das Objektbild zumindest eine
- Einwirkung auf die Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung (120) zum Anpassen wenigstens einer Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes vorzunehmen.

17. Optisches Beobachtungssystem nach Anspruch 16, in dem die Anpassungsvorrichtung (150) dazu eingerichtet ist, derart auf die Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung (120) einzuwirken, dass zum Anpassen der Darstellungseigenschaften des Einblendbilds an die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes wenigstens eine der folgenden Anpassungen erfolgt:
- Anpassung der Darstellungsschärfe des wenigstens einen im Einblendbild dargestellten digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - Anpassung der Darstellungsfarbe des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - Anpassung der Transparenz der Darstellung des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - Anpassung durch ein Beschneiden der Darstellung des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - Anpassung der Lage der Fokusebene (vFE) des Einblendbildes durch Einbringen oder Verändern eines Offsets (Δz) zwischen der Lage der Fokusebene (FE) der Abbildung und der Lage der Fokusebene (vFE) des Einblendbildes.
18. Optisches Beobachtungssystem mit
- einem optischen Beobachtungsgerät (2, 2') zum Erzeugen eines Objektbildes von einem Beobachtungsobjekt (3),
 - einer Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung (120) zum Erzeugen eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt (200) darstellenden Einblendbildes;
 - einer Einblendvorrichtung (15, 37, 39) zum Einblenden des Einblendbildes in das Objektbild (digital oder optisch), um das wenigstens eine digitale 2D- oder 3D-Objekt (200) dem in dem Objektbild dargestellten Beobachtungsobjekt (3) zu überlagern,

- einer Einstellvorrichtung (100), die dazu eingerichtet ist, eine Einstellung wenigstens einer die Abbildung des Beobachtungsobjekts (3) im Objektbild beeinflussenden Abbildungseigenschaft zu ermöglichen,
- 5 - einer Abbildungseigenschaft-Ermittlungsvorrichtung (115), die dazu eingerichtet ist, wenigsten eine eingestellte Abbildungseigenschaft der Abbildung des Beobachtungsobjekts (3) im Objektbild zu ermitteln, und
- einer Anpassungsvorrichtung (150), die dazu eingerichtet ist, vor
10 dem Einblenden des Einblendbilds in das Objektbild zumindest eine Einwirkung auf die Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung (120) zum Anpassen wenigstens einer Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes vorzunehmen,
- 15 wobei die wenigstens eine Abbildungseigenschaft wenigstens eine aus der folgenden der folgenden Gruppe von Abbildungseigenschaften ist:
 - (a) die Lage der Fokusebene der Abbildung,
 - (b) die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs der Abbildung,
 - (c) die Ausdehnung des Disparitätsintervalls, mit dem das
20 Beobachtungsobjekt (3) im Falle eines stereoskopischen Objektbildes dargestellt wird,
- und
- die Anpassungsvorrichtung (150) dazu eingerichtet ist, derart auf die Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung (120) einzuwirken, dass zum
25 Anpassen der Darstellungseigenschaften des Einblendbilds an die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes wenigstens eine der folgenden Anpassungen erfolgt:
 - Anpassung der Darstellungsschärfe des wenigstens einen im Einblendbild dargestellten digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von
30 Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - Anpassung der Darstellungsfarbe des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,

- Anpassung der Transparenz der Darstellung des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - Anpassung durch ein Beschneiden der Darstellung des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - Anpassung der Lage der Fokusebene (vFE) des Einblendbildes durch Einbringen oder Verändern eines Offsets (Δz) zwischen der Lage der Fokusebene (FE) der Abbildung und der Lage der Fokusebene (vFE) des Einblendbildes.
19. Optisches Beobachtungssystem nach Anspruch 18, in dem
- das optische Beobachtungsgerät (2, 2') zum Erzeugen eines stereoskopische Objektbildteilbilder aufweisenden stereoskopischen Objektbildes von einem Beobachtungsobjekt (3) ausgebildet ist und die wenigstens eine Abbildungseigenschaft des stereoskopischen Objektbildes die Ausdehnung des Disparitätsintervalls der stereoskopischen Objektteilbilder beinhaltet,
 - die Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung (120) zum Erzeugen eines stereoskopische Einblendteilbilder aufweisenden stereoskopischen Einblendbild ausgebildet ist und die wenigstens eine Darstellungseigenschaft des stereoskopischen Einblendbildes die Ausdehnung des Disparitätsintervalls der stereoskopischen Einblendteilbilder beinhaltet, und
 - die Anpassungsvorrichtung (150) dazu eingerichtet ist, vor dem Einblenden des stereoskopischen Einblendbildes in das stereoskopische Objektbild zumindest eine Einwirkung auf die Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung (120) zum Anpassen der Ausdehnung des Disparitätsintervalls des stereoskopischen Einblendbildes an die Ausdehnung des Disparitätsintervalls des stereoskopischen Objektbildes vorzunehmen.
20. Optisches Beobachtungssystem nach einem der Ansprüche 12 bis 19, das außerdem eine Vergleichseinrichtung umfasst, die dazu

- ausgestaltet ist, die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft mit wenigsten einer vorgesehenen Darstellungseigenschaft des Einblendbildes zu vergleichen, und in dem die Anpassungsvorrichtung (150) dazu ausgestaltet ist, die wenigstens eine Anpassung in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis vorzunehmen.
- 5
21. Optisches Beobachtungssystem nach einem der Ansprüche 12 bis 20, das außerdem eine Tiefenverteilung-Erfassungsvorrichtung (4) umfasst, die dazu eingerichtet ist, die Tiefenverteilung (T) des Beobachtungsobjekts (3) zu erfassen, und in dem die Anpassungsvorrichtung (150) dazu eingerichtet ist, die erfasste Tiefenverteilung des Beobachtungsobjekts (3) bei der Einwirkung auf die Einstellvorrichtung (100) zum Anpassen der wenigstens einen ermittelten Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes und/oder bei der Einwirkung auf die Einblendbild-Erzeugungsvorrichtung (120) zum Anpassen der Darstellungseigenschaften des wenigstens einen Einblendbilds an die wenigstens eine ermittelte Abbildungseigenschaft des Objektbildes zu berücksichtigen.
- 10
- 15
- 20
22. Optisches Beobachtungssystem nach einem der Ansprüche 12 bis 21, das eine Einstellparameter-Erfassungsvorrichtung (110) umfasst, die dazu ausgestaltet ist, den Wert des wenigstens eines Einstellparameters des optischen Beobachtungsgeräts (2, 2') zu erfassen, und in dem die Abbildungseigenschaft-Ermittlungsvorrichtung (115) dazu ausgelegt ist, die wenigsten eine eingestellte Abbildungseigenschaft anhand des von der Einstellparameter-Erfassungsvorrichtung (110) erfassten Wertes des wenigstens einen Einstellparameters zu ermitteln.
- 25
- 30
23. Computerimplementiertes Verfahren zum Optimieren des Einblendens eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt (200) darstellenden Einblendbildes in ein mit einem optischen Beobachtungsgerät (2, 2') gewonnenes und ein Beobachtungsobjekt (3) abbildendes Objektbild, wobei die Abbildung des Beobachtungsobjekts (3) im Objektbild mit

wenigstens einer die Abbildung zumindest mitbestimmenden Abbildungseigenschaft, umfassend die Schritte:

- Empfangen oder Abrufen des digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) und seiner Darstellungseigenschaften,
 - 5 - Empfangen oder Abrufen wenigstens einer Abbildungseigenschaft des Objektbildes vom optischen Beobachtungsgerät (2, 2'), und
 - Ermitteln und Ausgeben eines Signals, welches dazu ausgestaltet ist, am optischen Beobachtungsgerät (2, 2') zumindest
 - 10 eine Anpassung wenigstens einer Abbildungseigenschaft des Objektbildes an wenigstens eine Darstellungseigenschaft des Einblendbildes auf der Basis der wenigstens einen empfangenen oder abgerufenen Abbildungseigenschaft herbeizuführen,
 - wobei die wenigstens eine empfangene oder abgerufene
 - 15 Abbildungseigenschaft wenigstens eine aus der folgenden der folgenden Gruppe von Abbildungseigenschaften ist:
 - (a) die Lage der Fokusebene der Abbildung,
 - (b) die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs der Abbildung,
 - (c) die Ausdehnung des Disparitätsintervalls, mit dem das
 - 20 Beobachtungsobjekt (3) im Falle eines stereoskopischen Objektbildes dargestellt wird.
24. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 23, das außerdem ein Ermitteln und Ausgeben eines Signals, welches dazu ausgestaltet
- 25 ist, am optischen Beobachtungsgerät (2, 2') zumindest eine Anpassung wenigstens einer Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die wenigstens eine empfangene oder abgerufene Abbildungseigenschaft des Objektbildes vorzunehmen, beinhaltet.
- 30 25. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 24, die Anpassung der wenigsten einen Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die ermittelten Abbildungseigenschaften des Objektbildes wenigstens eine der folgenden Anpassungen einer Darstellungseigenschaft umfasst:

- Anpassung der Darstellungsschärfe des wenigstens einen im Einblendbild dargestellten digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - Anpassung der Darstellungsfarbe des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - Anpassung der Transparenz der Darstellung des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - Anpassung durch ein Beschneiden der Darstellung des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
 - Anpassung der Lage der Fokusebene (vFE) des Einblendbildes durch Einbringen oder Verändern eines Offsets (Δz) zwischen der Lage der Fokusebene (FE) der Abbildung und der Lage der Fokusebene (vFE) des Einblendbildes.
26. Computerimplementiertes Verfahren zum Optimieren des Einblendens eines wenigstens ein digitales 2D- oder 3D-Objekt (200) darstellenden Einblendbildes in ein mit einem optischen Beobachtungsgerät (2, 2') gewonnenes und ein Beobachtungsobjekt (3) abbildendes Objektbild, wobei die Abbildung des Beobachtungsobjekts (3) im Objektbild mit wenigstens einer die Abbildung zumindest mitbestimmenden Abbildungseigenschaft, umfassend die Schritte:
- Empfangen oder Abrufen des digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) und seiner Darstellungseigenschaften,
 - Empfangen oder Abrufen wenigstens einer Abbildungseigenschaft des Objektbildes vom optischen Beobachtungsgerät (2, 2'), und
 - Ermitteln und Ausgeben eines Signals, welches dazu ausgestaltet ist, am optischen Beobachtungsgerät (2, 2') zumindest eine Anpassung wenigstens einer Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die wenigstens eine empfangene oder abgerufene Abbildungseigenschaft des Objektbildes herbeizuführen,

wobei die wenigstens eine empfangene oder abgerufene Abbildungseigenschaft wenigstens eine aus der folgenden der folgenden Gruppe von Abbildungseigenschaften ist:

- 5 (a) die Lage der Fokusebene der Abbildung,
(b) die Ausdehnung des Tiefenschärfenbereichs der Abbildung,
(c) die Ausdehnung des Disparitätsintervalls, mit dem das Beobachtungsobjekt (3) im Falle eines stereoskopischen Objektbildes dargestellt wird,

und

- 10 die Anpassung der wenigsten einen Darstellungseigenschaft des Einblendbildes an die ermittelten Abbildungseigenschaften des Objektbildes wenigstens eine der folgenden Anpassungen einer Darstellungseigenschaft umfasst:

- 15 - Anpassung der Darstellungsschärfe des wenigstens einen im Einblendbild dargestellten digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
- Anpassung der Darstellungsfarbe des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
20 - Anpassung der Transparenz der Darstellung des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
- Anpassung durch ein Beschneiden der Darstellung des im Einblendbild dargestellten wenigstens einen digitalen 2D- oder 3D-Objekts (200) oder von Teilen (200A, 200B, 200C) desselben,
25 - Anpassung der Lage der Fokusebene (vFE) des Einblendbildes durch Einbringen oder Verändern eines Offsets (Δz) zwischen der Lage der Fokusebene (FE) der Abbildung und der Lage der Fokusebene (vFE) des Einblendbildes.

30

27. Computerprogramm mit Instruktionen, die, wenn sie von einem Computer ausgeführt werden, diesen veranlassen, die Schritte des computerimplementierten Verfahrens nach einem der Ansprüche 23 bis 26 auszuführen.

28. Datenverarbeitungseinrichtung mit einem Speicher und einem Prozessor, wobei der Prozessor mittels eines im Speicher gespeicherten Computerprogramms nach Anspruch 27 dazu
5 eingerichtet ist, die Schritte des computerimplementierten Verfahrens nach einem der Ansprüche 23 bis 26 auszuführen.

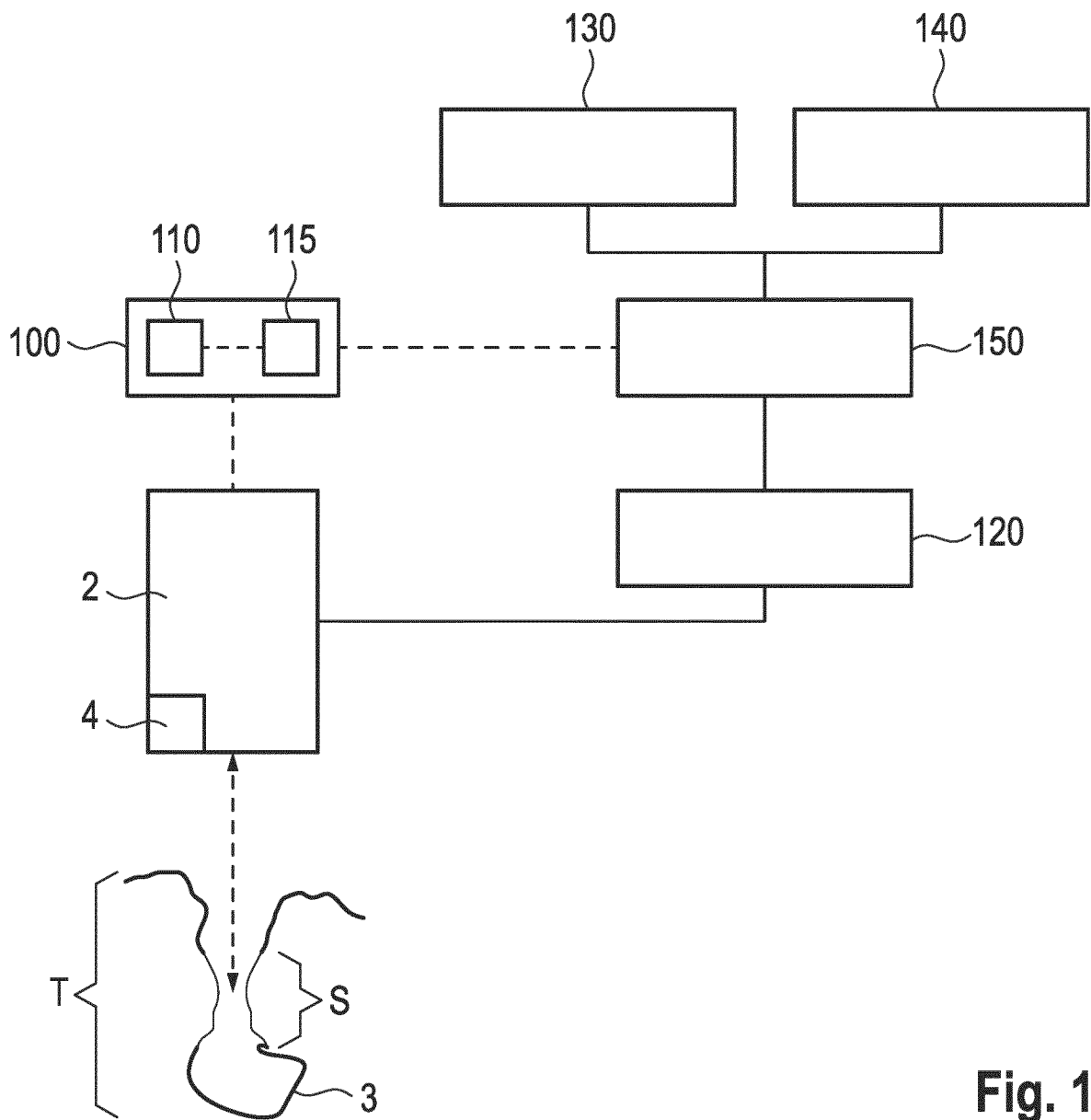


Fig. 1

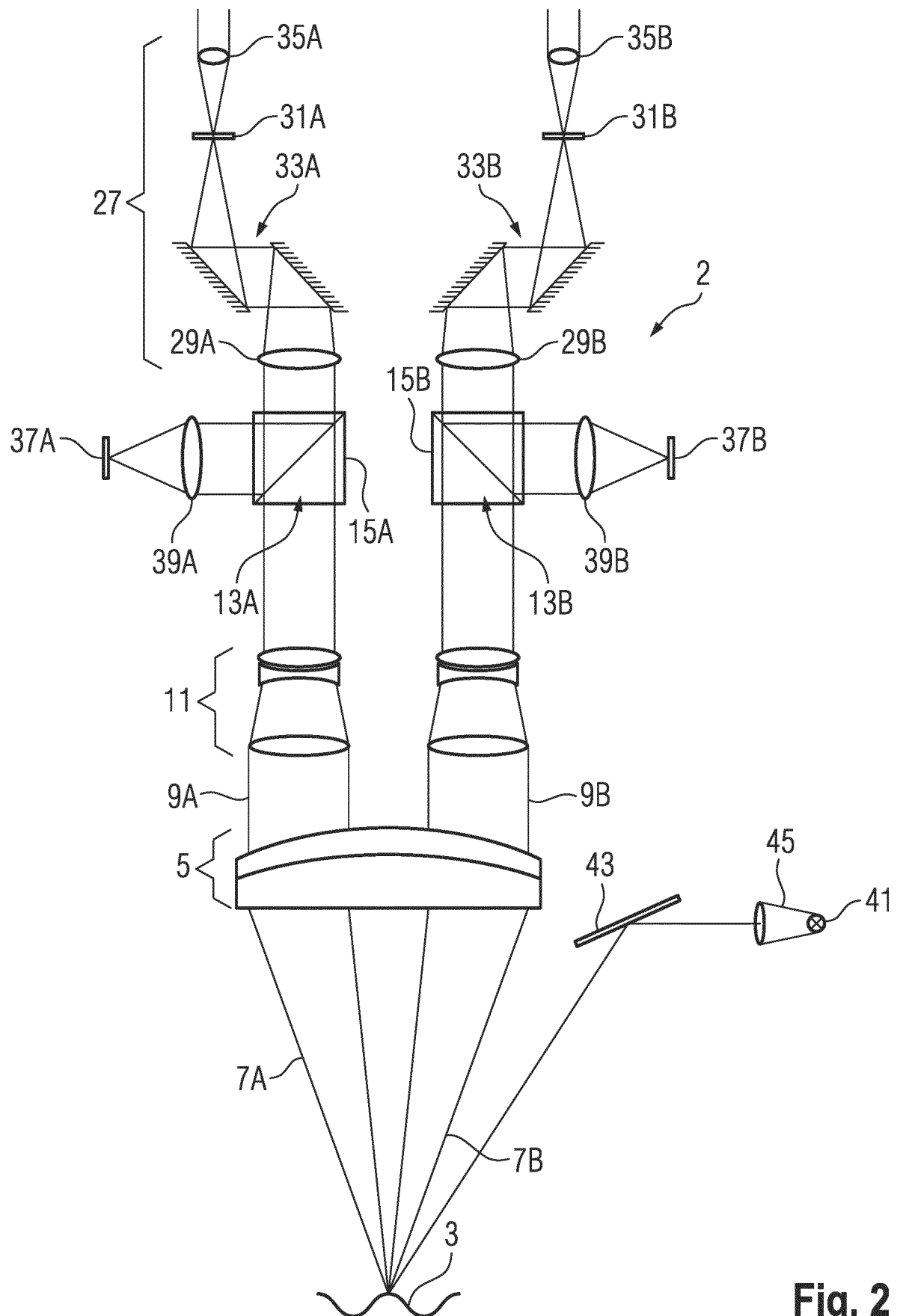


Fig. 2

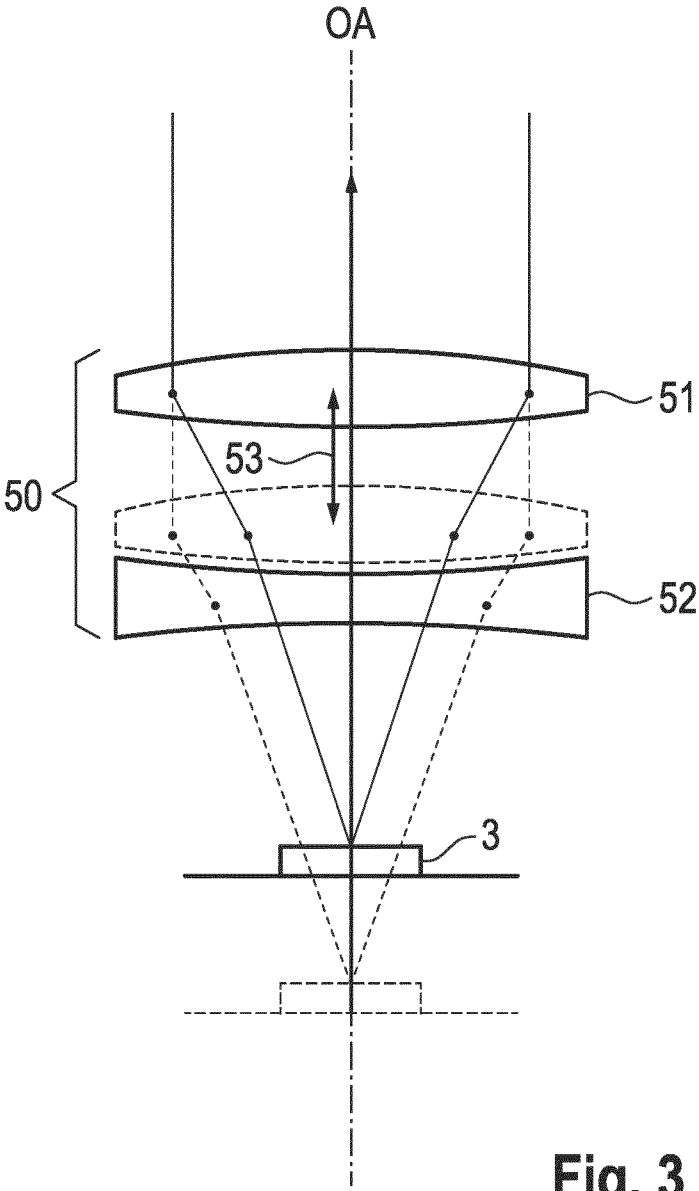


Fig. 3

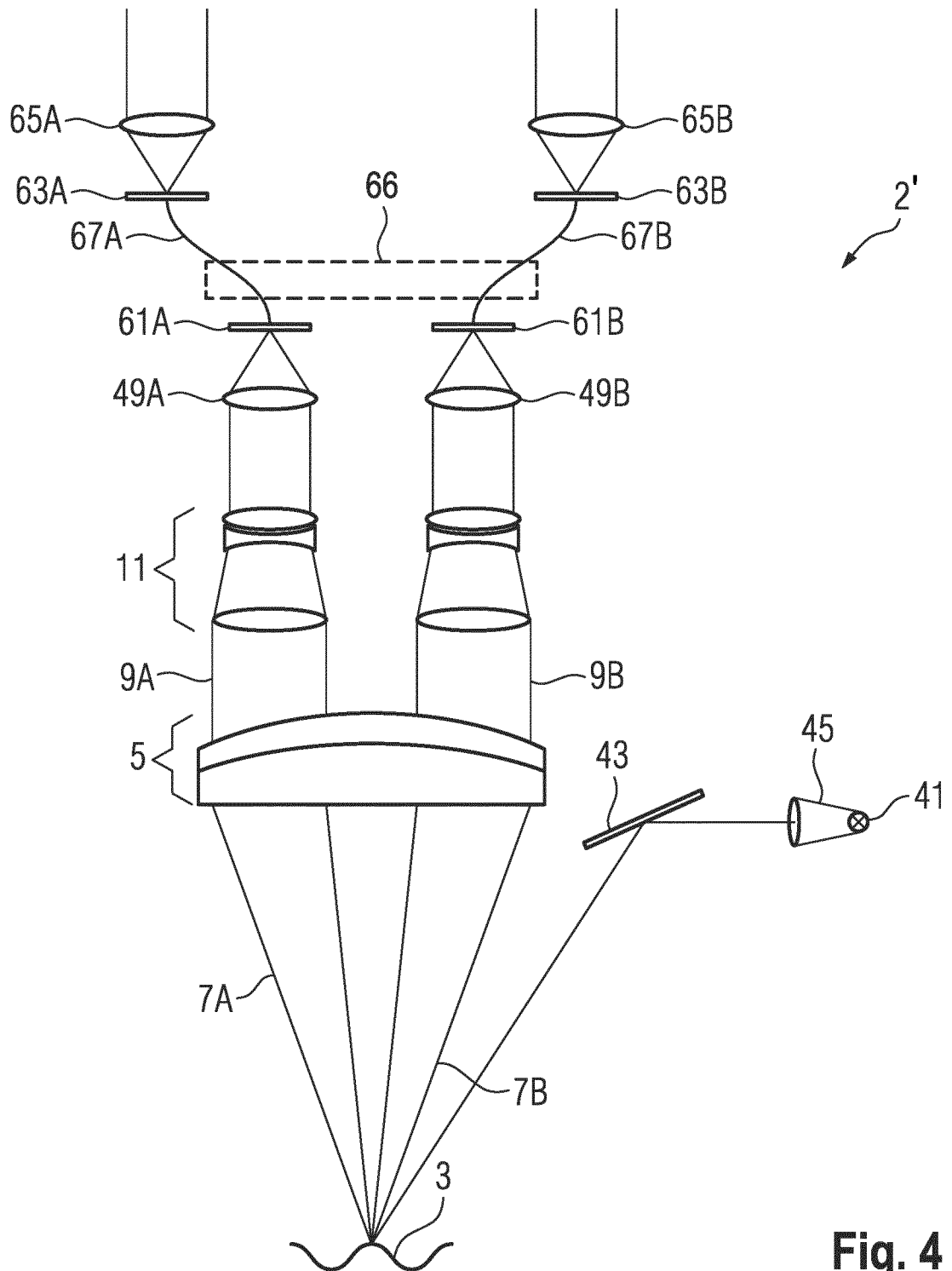
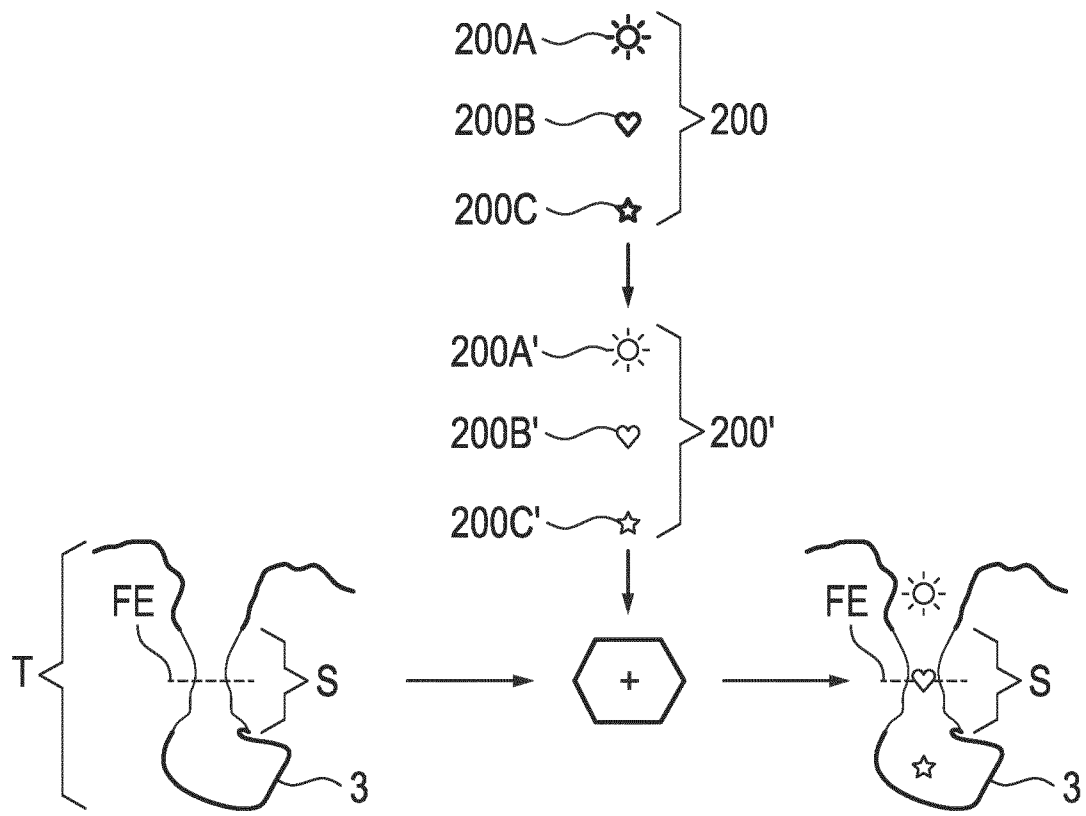
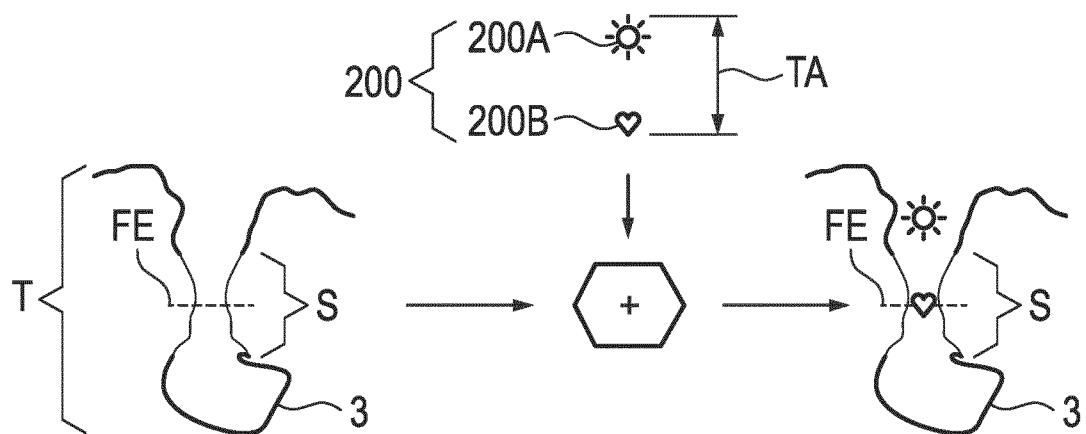


Fig. 4

**Fig. 5****Fig. 6**

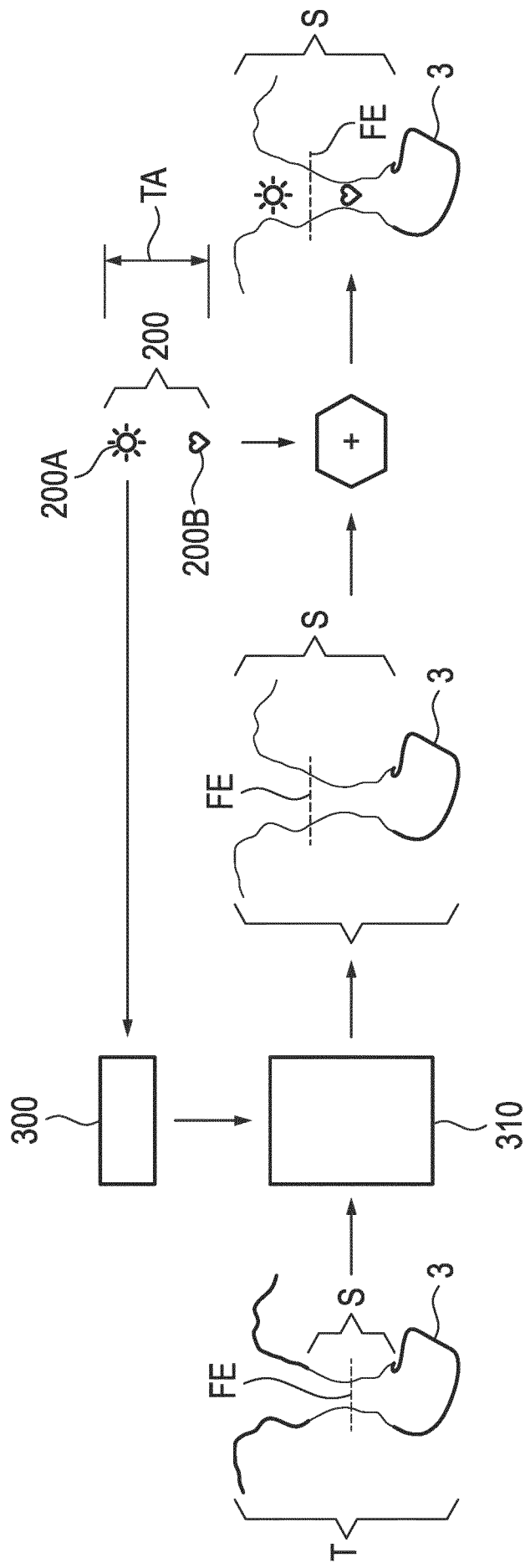


Fig. 7

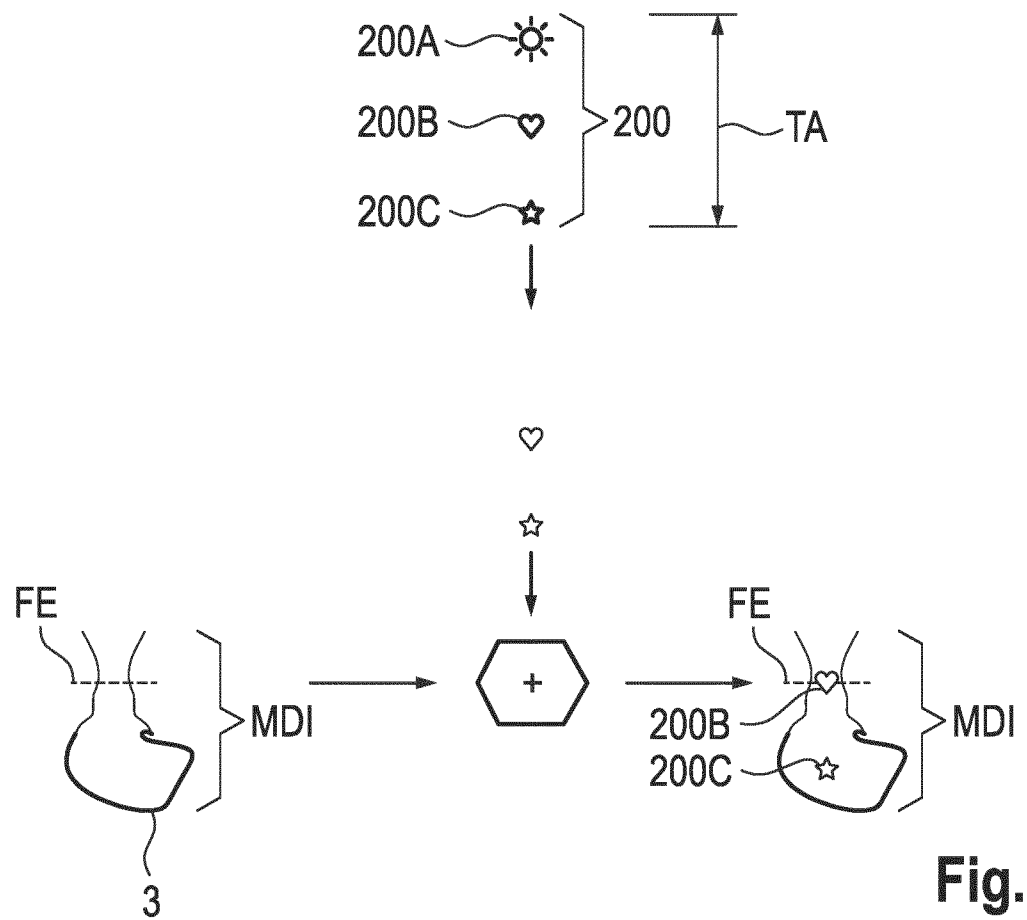


Fig. 8

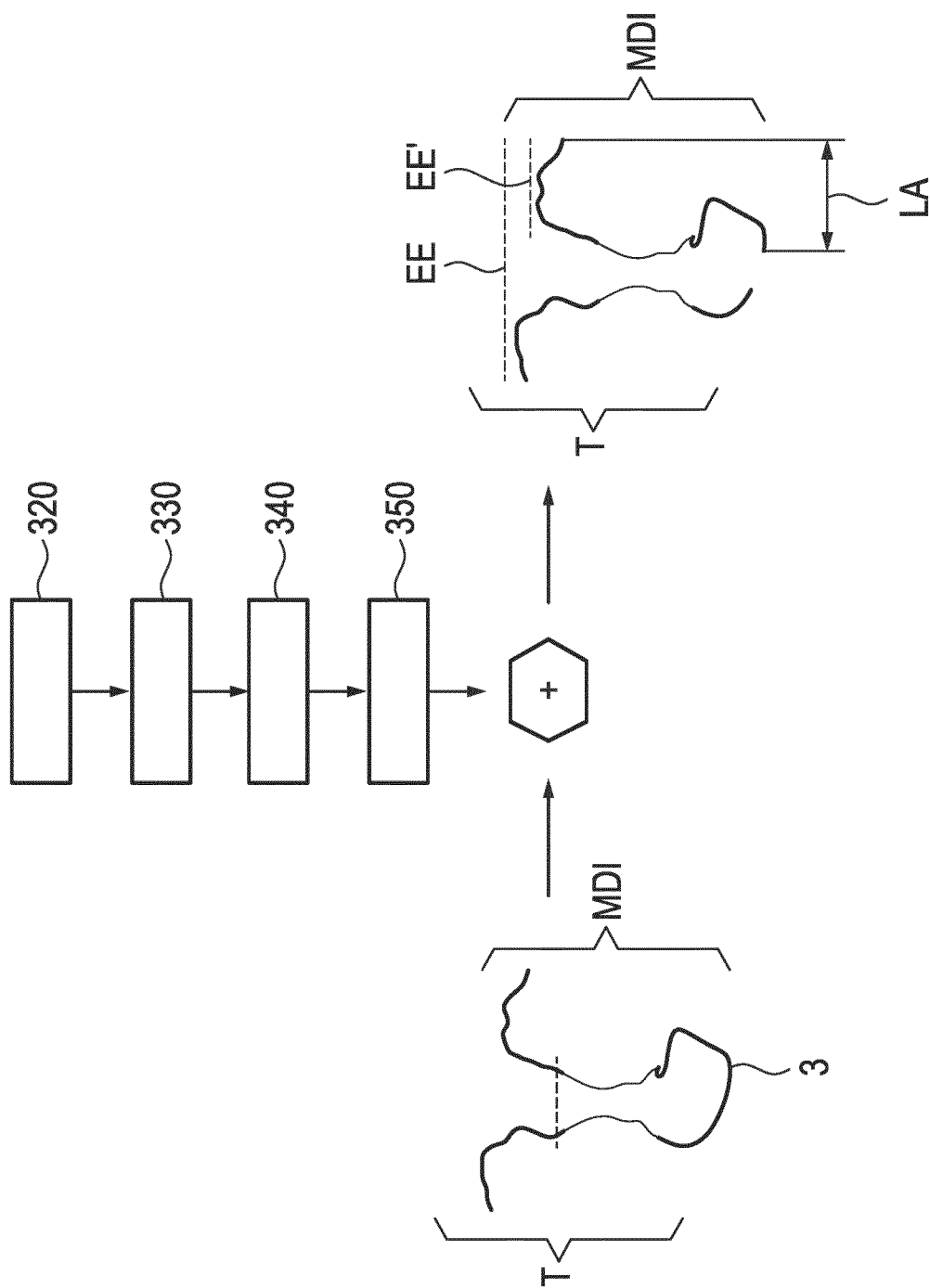
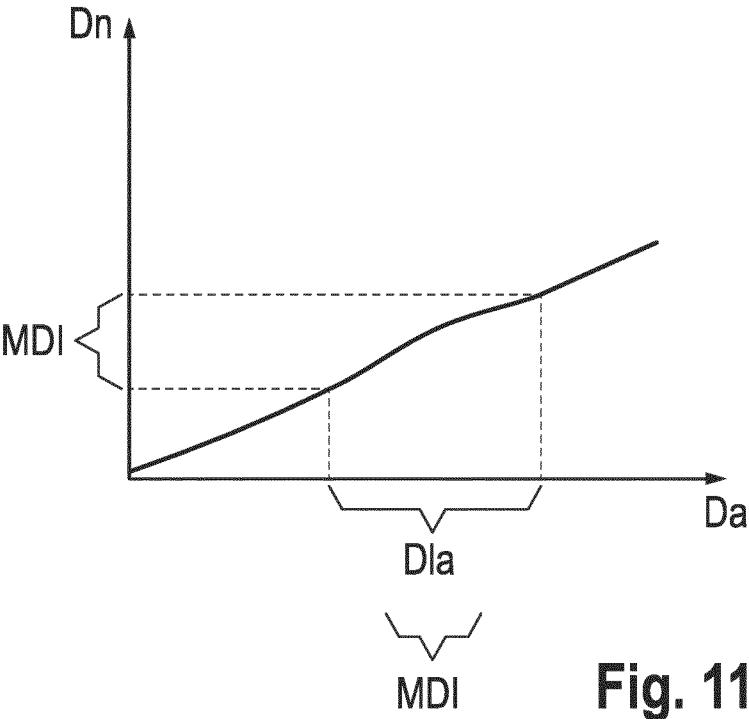
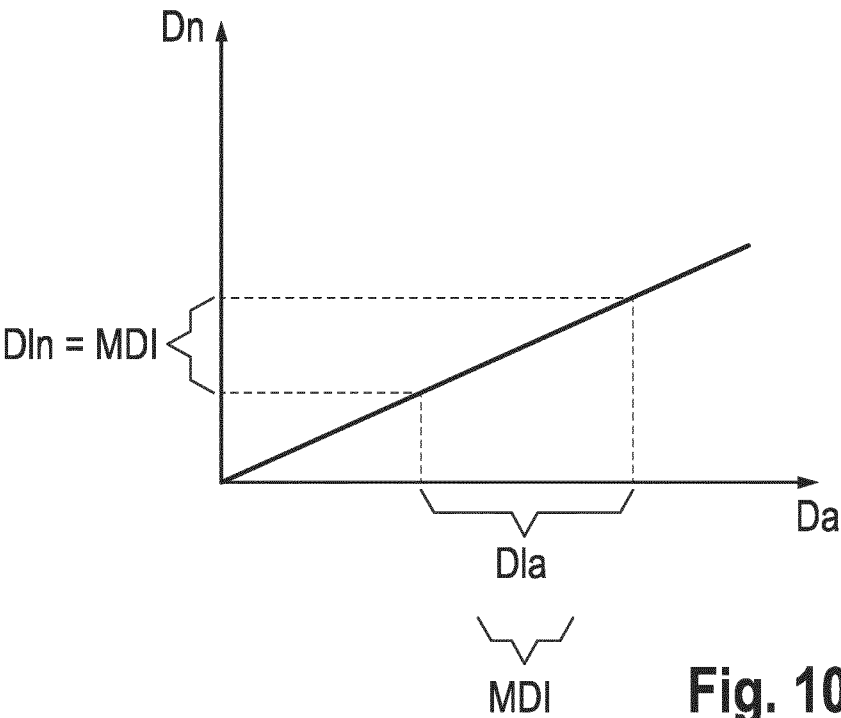


Fig. 9



10/10

Fig. 12

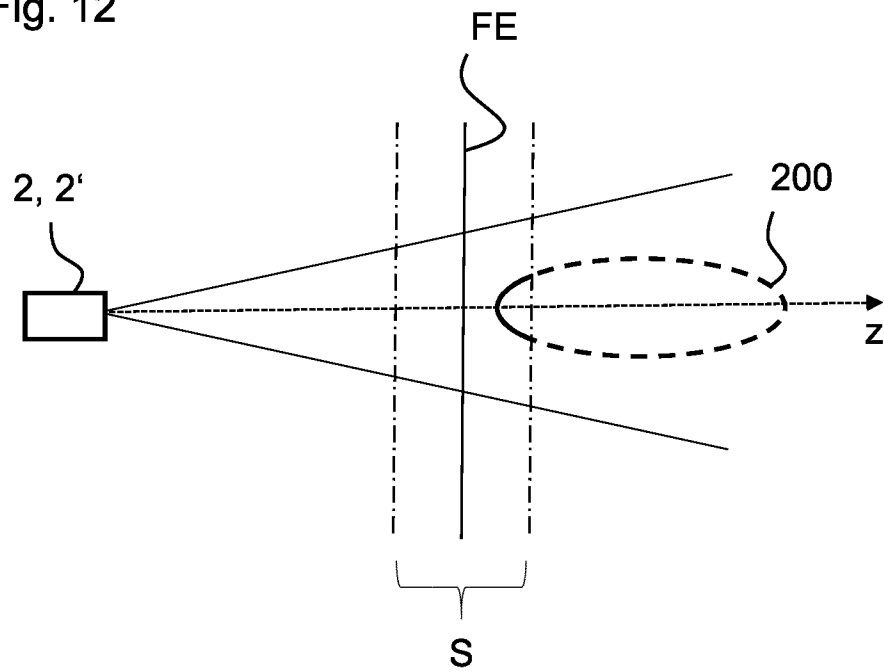


Fig. 13

