



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 012 388 A1** 2007.04.26

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 012 388.3**

(22) Anmeldetag: **17.03.2006**

(43) Offenlegungstag: **26.04.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 21/22 (2006.01)**

G02B 21/02 (2006.01)

A61B 3/13 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2005 050 345.4 20.10.2005

(71) Anmelder:

Carl Zeiss Surgical GmbH, 73447 Oberkochen, DE

(74) Vertreter:

Diehl & Partner GbR, 80333 München

(72) Erfinder:

Strähle, Fritz, Dr., 73540 Heubach, DE; Hauger, Christoph, Dr., 73431 Aalen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 103 55 527 A1

EP 05 11 443 A1

EP 05 82 148 B1

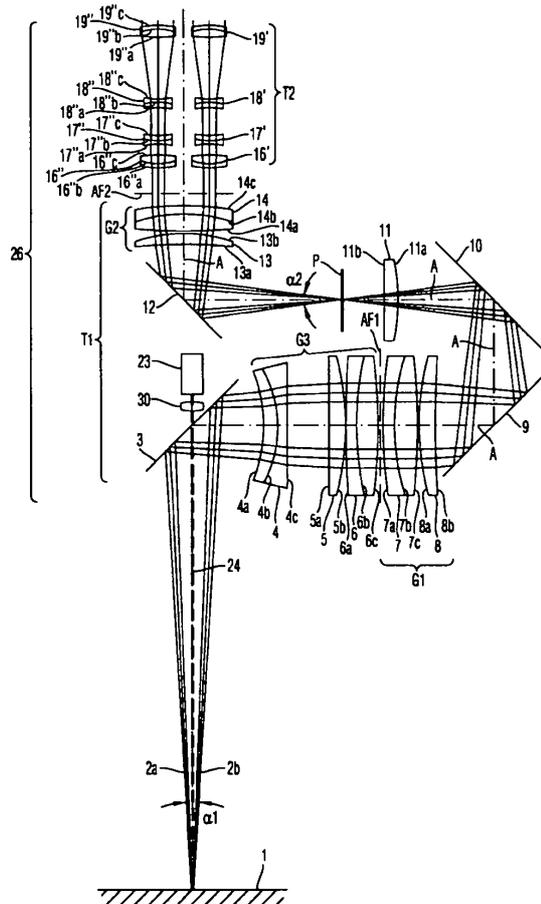
JP 2001-1 17 009 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Mikroskopiesystem**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Mikroskopiesystem zur Abbildung eines in einer Objektebene (1) des Mikroskopiesystems anordenbaren Objekts, wobei das Mikroskopiesystem ein Abbildungssystem (26) mit mehreren optischen Elementen zur Bereitstellung wenigstens eines Abbildungsstrahlengangs (2a, 2b, 2c, 2d) umfaßt. Dabei umfassen die mehreren optischen Elemente gemäß einer Ausführungsform der Erfindung eine Mehrzahl von optischen Linsen (4-8, 11, 13, 14), welche der wenigstens eine Abbildungsstrahlengang (2a-2d) nacheinander durchläuft und welche die Objektebene (1) in ein Zwischenbild (P) abbilden. Die optischen Linsen (8, 11) sind dabei derart konfiguriert, daß die Objektebene (1) auf höchstens ein 0,9-faches und bevorzugt auf höchstens ein 0,8-faches und weiter bevorzugt auf höchstens ein 0,6-faches, besonders bevorzugt auf höchstens ein 0,5-faches, verkleinert in das Zwischenbild (P) abgebildet ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Mikroskopiesystem zur Abbildung eines in einer Objektebene des Mikroskopiesystems anordenbaren Objekts mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Anspruchs 1, 3 oder 19.

[0002] Das Mikroskopiesystem umfaßt wenigstens ein Abbildungssystem, welches wenigstens einen Abbildungsstrahlengang zur Abbildung eines Abbildungsfeldes der Objektebene bereitstellt.

[0003] Derartige Mikroskopiesysteme finden beispielsweise in der Medizintechnik als Operationsmikroskope Verwendung, um ein in einer Objektebene angeordnetes Objekt zu beobachten.

Stand der Technik

[0004] Ein derartiges Operationsmikroskop ist beispielsweise aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 103 00 925 A1 bekannt.

[0005] Allgemein ist es bei Operationsmikroskopen wünschenswert, eine kompakte Bauweise, das heißt eine geringe Bauhöhe und ein geringes Volumen, zu erzielen. Der Grund ist, daß beispielsweise die Zugänglichkeit eines Patienten für einen behandelnden Arzt während einer Operation durch ein Operationsmikroskop nicht unnötig eingeschränkt werden soll.

[0006] Wie in **Fig. 8** gezeigt setzt sich ein Operationsmikroskop allgemein aus einem Keplerfernrohr **82**, einem Zoomsystem **83** sowie einem Hauptobjektiv **84** zusammen. In **Fig. 8** weist das Keplerfernrohr einen Binokulartubus auf. Das Keplerfernrohr **82**, das Zoomsystem **83** und das Hauptobjektiv **84** sind seriell entlang von durch sie jeweils geführte Abbildungsstrahlengänge **85a**, **85b** angeordnet und dienen zur Abbildung eines in einer Objektebene **81** angeordneten Objektes (nicht gezeigt). Um einen modularen Aufbau des Operationsmikroskops zu realisieren, sind zwischen dem Keplerfernrohr **82**, dem Zoomsystem **83** und dem Hauptobjektiv **84** afokale Schnittstellen angeordnet, in denen die Abbildungsstrahlengänge jeweils nach Unendlich abgebildet werden. Wie in **Fig. 8** gezeigt, sind derartige Operationsmikroskope häufig als Stereomikroskopiesysteme ausgebildet. Bei Stereomikroskopiesystemen werden wenigstens zwei Abbildungsstrahlengänge **85a** und **85b** so geführt, daß sie in der Objektebene **81** einen von Null verschiedenen Stereowinkel α einschließen.

[0007] Weiter ist zwischen dem Keplerfernrohr **82** und dem Zoomsystem **83** häufig ein in **Fig. 8** nicht gezeigtes Strahlteilerprisma angeordnet, um einen Nebenbeobachterstrahlengang herauszugreifen.

[0008] Bei den vorbekannten Operationsmikroskopen ist es nachteilig, daß sie in Abhängigkeit von einer bereitzustellenden Gesamtvergrößerung eine große Bauhöhe und ein großes Bauvolumen aufweisen.

Aufgabenstellung

[0009] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Mikroskopiesystem zur Verfügung zu stellen, bei dem das für die Erreichung einer Gesamtvergrößerung erforderliche Abbildungssystem einen besonders kompakten Aufbau aufweist.

[0010] Die vorstehende Aufgabe wird durch ein Mikroskopiesystem mit der Kombination der Merkmale der unabhängigen Ansprüche 1, 3 und 19 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen finden sich in den Unteransprüchen.

[0011] Gemäß einer ersten Ausführungsform wird die vorstehende Aufgabe durch ein Mikroskopiesystem zur Abbildung eines in einer Objektebene des Mikroskopiesystems anordenbaren Objekts gelöst, wobei das Mikroskopiesystem ein Abbildungssystem mit mehreren optischen Elementen zur Bereitstellung wenigstens eines Abbildungsstrahlengangs umfaßt. Dabei umfassen die mehreren optischen Elemente eine Mehrzahl von optischen Linsen, welche der wenigstens eine Abbildungsstrahlengang nacheinander durchläuft und welche die Objektebene in ein Zwischenbild abbilden. Weiter sind die optischen Linsen derart konfiguriert, daß die Objektebene auf höchstens ein 0,9-faches und bevorzugt auf höchstens ein 0,8-faches und weiter bevorzugt auf höchstens ein 0,6-faches besonders bevorzugt auf höchstens ein 0,5-faches verkleinert in das Zwischenbild abgebildet ist. Dabei bedeutet "auf höchstens ein 0,9-faches verkleinert", daß die Abbildung der Objektebene im Zwischenbild um 0,1 (d.h. 10%) oder mehr verkleinert ist.

[0012] Somit ist das Mikroskopiesystem ausgebildet, ein in der Objektebene angeordnetes Objekt zunächst

verkleinert in ein Zwischenbild abzubilden. Dieses Zwischenbild kann dann von einer nachfolgenden Optik vergrößert abgebildet werden, bis eine gewünschte Gesamtvergrößerung erreicht ist. In Folge der verkleinerten Abbildung des in der Objektebene angeordneten Objekts in das Zwischenbild ist es möglich, die dem Zwischenbild nachgeschaltete Optik besonders kompakt auszuführen, so daß das Mikroskopiesystem verglichen mit einem Mikroskopiesystem aus dem Stand der Technik, welches die gleiche Gesamtvergrößerung bewirkt, einen besonders kompakten Aufbau aufweist.

[0013] Dabei kann vorteilhaft sein, wenn die mehreren optischen Elemente des Abbildungssystems wenigstens ein Paar von Abbildungsstrahlengängen bereitstellen, welche in der Objektebene einen ersten Stereowinkel einschließen, wobei die Abbildungsstrahlengänge an dem Zwischenbild einen zweiten Stereowinkel einschließen, und wobei ein Verhältnis des ersten Stereowinkels in der Objektebene zu dem zweiten Stereowinkel an dem Zwischenbild kleiner als 0,9 und bevorzugt kleiner als 0,8 und besonders bevorzugt kleiner als 0,6 ist.

[0014] Somit ist der Stereowinkel an dem Zwischenbild gegenüber dem Stereowinkel in der Objektebene vergrößert. Folglich sind die Abbildungsstrahlengänge trotz verkleinerter Abbildung eines in der Objektebene angeordneten Objektes in der dem Zwischenbild nachfolgenden Optik gut trennbar, so daß ein gewünschter stereoskopischer Eindruck sichergestellt ist.

[0015] Gemäß einer weiteren Ausführungsform, die mit der ersten Ausführungsform kombiniert werden kann, wird die vorstehende Aufgabe auch durch ein Mikroskopiesystem zur Abbildung eines in einer Objektebene des Mikroskopiesystems anordenbaren Objekts gelöst, wobei das Mikroskopiesystem ein Abbildungssystem mit mehreren optischen Elementen zur Bereitstellung wenigstens eines Paares von Abbildungsstrahlengängen, welche in der Objektebene einen ersten Stereowinkel einschließen, umfaßt. Dabei umfassen die mehreren optischen Elemente eine Mehrzahl von optischen Linsen, welche das wenigstens eine Paar von Abbildungsstrahlengängen nacheinander durchläuft und welche die Objektebene in ein Zwischenbild abbilden. Dabei schließen die Abbildungsstrahlengänge an dem Zwischenbild einen zweiten Stereowinkel ein. Ein Verhältnis des ersten Stereowinkels in der Objektebene zu dem zweiten Stereowinkel an dem Zwischenbild ist kleiner als 0,9 und bevorzugt kleiner als 0,8 und besonders bevorzugt kleiner als 0,6.

[0016] Diese Vergrößerung des Stereowinkels an dem Zwischenbild gegenüber dem Stereowinkel in der Objektebene erleichtert eine Trennung der Abbildungsstrahlengänge durch die das Zwischenbild abbildender optischer Elemente. Hierdurch kann das Mikroskopiesystem besonders kompakt ausgebildet werden, da die Abbildungsstrahlengänge gegenüber dem Stand der Technik stärker auseinanderlaufen.

[0017] Gemäß einer Ausführungsform können die optischen Linsen von den Abbildungsstrahlengängen gemeinsam durchsetzt sein. Dann können die Abbildungsstrahlengänge in den Linsen so geführt sein, daß das Zwischenbild zwischen zwei Bereichen angeordnet ist, in denen ein Abstand von Stereoachsen der Abbildungsstrahlengänge von einer durch die Linsen festgelegten optischen Achse jeweils maximal ist. Dabei muß die optische Achse nicht entlang einer einzigen Geraden verlaufen, sondern kann auch abgelenkt verlaufen. Die Stereoachsen sind durch die jeweiligen Mitten der wenigstens zwei (stereoskopischen) Abbildungsstrahlengänge für einen Objektpunkt des in der Objektebene anordenbaren Objektes, welcher der Mitte der von dem Mikroskopiesystem bewirkten Abbildung entspricht, festgelegt.

[0018] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der wenigstens eine Abbildungsstrahlengang in den Linsen so geführt sein, daß das Zwischenbild zwischen zwei Bereichen angeordnet ist, in denen ein Durchmesser eines in dem wenigstens einen Abbildungsstrahlengang geführten Strahlenbündels jeweils maximal ist.

[0019] Weiter kann zwischen dem Zwischenbild und einem ersten der beiden Bereiche, an denen ein Abstand von Stereoachsen der Abbildungsstrahlengänge zur optischen Achse und/oder ein Durchmesser eines in dem wenigstens einen Abbildungsstrahlengang geführten Strahlenbündels jeweils maximal ist, welcher erste Bereich zwischen dem Zwischenbild und der Objektebene angeordnet ist, eine erste Gruppe von optisch wirksamen Oberflächen von Linsen angeordnet sein. Weiter kann zwischen dem Zwischenbild und dem zweiten der beiden Bereiche eine zweite Gruppe von optisch wirksamen Oberflächen von Linsen und zwischen dem ersten Bereich und der Objektebene eine dritte Gruppe von optisch wirksamen Oberflächen von Linsen angeordnet sein. Dabei können beispielsweise sämtliche Oberflächen einer optischen Linse zu einer gemeinsamen Gruppe oder auch zu verschiedenen Gruppen gehören.

[0020] Dann kann es vorteilhaft sein, wenn ein Verhältnis der Gesamt-Brennweite (Summe der Brennweiten) der optisch wirksamen Flächen der ersten Gruppe zur Gesamt-Brennweite der optisch wirksamen Flächen der zweiten Gruppe wenigstens 1,1 und bevorzugt wenigstens 1,2 und besonders bevorzugt wenigstens 1,4 be-

trägt.

[0021] Auch kann es Vorteile bringen, wenn ein Verhältnis der Gesamt-Brennweite der optisch wirksamen Flächen der ersten Gruppe zur Gesamt-Brennweite der optisch wirksamen Flächen der dritten Gruppe zwischen 0,2 und 0,6 und bevorzugt zwischen 0,3 und 0,5 und besonders bevorzugt 0,4 beträgt.

[0022] Weitere Vorteile können erzielt werden, wenn ein Verhältnis der Gesamt-Brennweite der optisch wirksamen Flächen der zweiten Gruppe zur Gesamt-Brennweite der optisch wirksamen Flächen der dritten Gruppe zwischen 0,1 und 0,6 und bevorzugt zwischen 0,2 und 0,5 und besonders bevorzugt 0,3 beträgt.

[0023] Durch die vorstehend genannten Verhältnisse der Gesamtbrennweiten der Gruppen von optisch wirksamen Oberflächen kann eine verkleinerte Abbildung eines in der Objektebene anordenbaren Objektes in das Zwischenbild auf besonders einfache Weise sichergestellt werden.

[0024] Weiter kann es vorteilhaft sein, wenn ein Verhältnis der jeweiligen Abstände von Stereoachsen der Abbildungsstrahlengänge zur optischen Achse im ersten Bereich zu den jeweiligen Abständen von Stereoachsen der Abbildungsstrahlengänge zur optischen Achse im zweiten Bereich höchstens 1,1 und bevorzugt höchstens 1,2 und besonders bevorzugt höchstens 1,4 beträgt.

[0025] Somit sind die Abbildungsstrahlengänge in dem ersten Bereich zwischen Zwischenbild und Objektebene weiter beabstandet als in dem zweiten Bereich hinter dem Zwischenbild. Durch die Verringerung dieses Abstandes kann das Mikroskopiesystem besonders kompakt ausgebildet sein.

[0026] Um einen modularen Aufbau des Mikroskopiesystems zu erleichtern, können die Linsen ausgebildet sein, die Abbildungsstrahlengänge in wenigstens einem der Bereiche, in denen ein Abstand von Stereoachsen der Abbildungsstrahlengänge zur optischen Achse und/oder ein Durchmesser eines in dem wenigstens einen Abbildungsstrahlengang geführten Strahlenbündels maximal ist, nach Unendlich abzubilden.

[0027] Gemäß einer Ausführungsform kann das Abbildungssystem eine erste, zweite, dritte und vierte Spiegelfläche zur Ablenkung des wenigstens einen Abbildungsstrahlengangs aufweisen, wobei der wenigstens eine Abbildungsstrahlengang nacheinander an der ersten Spiegelfläche, der zweiten Spiegelfläche, der dritten Spiegelfläche und der vierten Spiegelfläche reflektiert ist. Durch diese mehrfache Ablenkung des Abbildungsstrahlengangs kann ein besonders kompakter Aufbau des Mikroskopiesystems erzielt werden.

[0028] Dabei können die erste Spiegelfläche und die vierte Spiegelfläche relativ zueinander einen Winkel von zwischen 80° und 100° und bevorzugt 90° einschließen, sowie die zweite Spiegelfläche und die dritte Spiegelfläche relativ zueinander einen Winkel von zwischen 80° und 100° und bevorzugt 90° einschließen, und die dritte Spiegelfläche und die vierte Spiegelfläche relativ zueinander einen Winkel von zwischen 80° und 100° und bevorzugt 90° einschließen.

[0029] In der Folge wirken die Spiegelflächen wie ein Porro-System zweiter Art.

[0030] Gemäß einer Ausführungsform stellt das Abbildungssystem wenigstens ein Paar von Abbildungsstrahlengängen bereit, die in der Objektebene einen Stereowinkel einschließen, und weist das Abbildungssystem ein erstes Teilsystem auf, das eine Mehrzahl von entlang eines gemeinsamen Abbildungsstrahlengangs angeordneten optischen Linsen umfaßt, welche von beiden Abbildungsstrahlengängen des wenigstens einen Paares von Abbildungsstrahlengängen gemeinsam durchsetzt sind.

[0031] Dabei kann die zweite und/oder dritte und/oder vierte Spiegelfläche entlang einer gefalteten optischen Achse des ersten Teilsystems zwischen optischen Linsen des ersten Teilsystems angeordnet sein.

[0032] Um eine Vergrößerung der Abbildung des in der Objektebene anordenbaren Objektes und/oder einen Arbeitsabstand des Mikroskopiesystems zu ändern, kann es vorteilhaft sein, wenn wenigstens zwei Linsen des ersten Teilsystems entlang der von ihnen geführten Abbildungsstrahlengänge relativ zueinander verlagerbar sind.

[0033] Gemäß einer Ausführungsform weist das Abbildungssystem ein zweites Teilsystem auf, das eine Mehrzahl von optischen Linsen umfaßt, welche jeweils von lediglich einem Abbildungsstrahlengang des wenigstens einen Paares von Abbildungsstrahlengängen durchsetzt sind. Dabei legen die optischen Linsen des zweiten Teilsystems durch die von ihnen jeweils geführten Strahlenbündel auch den Verlauf der Abbildungs-

strahlengänge in den optischen Linsen des ersten Teilsystems und damit den Verlauf der Stereoachsen fest.

[0034] Um eine Vergrößerung der Abbildung des in der Objektebene anordenbaren Objektes weiter anpassen zu können, kann es vorteilhaft sein, wenn wenigstens zwei Linsen des zweiten Teilsystems entlang eines gemeinsamen Abbildungsstrahlengangs relativ zueinander verlagerbar sind.

[0035] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die vorstehende Aufgabe durch ein Mikroskopiesystem zur Abbildung eines in einer Objektebene des Mikroskopiesystems anordenbaren Objekts gelöst, welches auf den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen aufbauen kann und wenigstens ein Abbildungssystem zur Bereitstellung wenigstens eines Paares von Abbildungsstrahlengängen, welche in der Objektebene einen Stereowinkel einschließen, umfaßt. Dabei weist das Abbildungssystem ein erstes Teilsystem auf, das eine Mehrzahl von optischen Linsen umfaßt, welche von beiden Abbildungsstrahlengängen des wenigstens einen Paares von Abbildungsstrahlengängen gemeinsam durchsetzt sind. Weiter weist das Abbildungssystem ein zweites Teilsystem auf, das eine Mehrzahl von optischen Linsen umfaßt, welche jeweils von lediglich einem Abbildungsstrahlengang des wenigstens einen Paares von Abbildungsstrahlengängen durchsetzt sind. Dabei sind wenigstens zwei Linsen des ersten Teilsystems und wenigstens zwei Linsen des zweiten Teilsystems entlang eines gemeinsamen Abbildungsstrahlengangs relativ zueinander verlagerbar, um jeweils eine Vergrößerung der Abbildung des in der Objektebene anordenbaren Objektes zu ändern.

[0036] Folglich kann die durch das Mikroskopiesystem insgesamt bewirkte einstellbare Vergrößerung der Abbildung des in der Objektebene anordenbaren Objektes innerhalb des Mikroskopiesystems auf zwei seriell angeordnete Zoomsysteme aufgeteilt sein, von denen ein erstes im ersten Teilsystem und ein zweites im zweiten Teilsystem angeordnet ist.

[0037] Allgemein kann es vorteilhaft sein, wenn das Mikroskopiesystem weiter ein Beleuchtungssystem mit einem Beleuchtungsstrahlengang zur Beleuchtung der Objektebene umfaßt.

[0038] Ein Mikroskopiesystem mit den vorstehend beschriebenen Merkmalen ist aufgrund seines kompakten Aufbaus besonders gut als Stereomikroskop und insbesondere als Operationsmikroskop geeignet.

[0039] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. In den Zeichnungen werden gleiche oder ähnliche Bezugszeichen verwendet, um auf gleiche oder ähnliche Elemente zu verweisen. Dabei zeigt

[0040] [Fig. 1A](#) schematisch einen Strahlengang durch eine in eine Ebene entfaltete Anordnung wesentlicher Elemente eines Abbildungssystems eines Mikroskopiesystems gemäß einer bevorzugten ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

[0041] [Fig. 1B](#) schematisch eine perspektivische Ansicht einer räumlichen Anordnung der wesentlichen Elemente des Abbildungssystems aus [Fig. 1A](#),

[0042] [Fig. 2A](#) vergrößert schematisch einen Strahlengang durch optische Linsen des Abbildungssystems aus [Fig. 1A](#),

[0043] [Fig. 2B](#) schematisch einen Strahlengang durch optische Linsen, die alternativ zu [Fig. 2A](#) in dem Abbildungssystem gemäß der ersten Ausführungsform verwendbar sind,

[0044] [Fig. 3](#) beispielhaft einen Größenvergleich zwischen Linsen eines erfindungsgemäßen Mikroskopiesystems mit entsprechenden Linsen eines herkömmlichen Mikroskopiesystems,

[0045] [Fig. 4](#) beispielhaft eine in dem Mikroskopiesystem aus [Fig. 1A](#) alternativ verwendbare Linsenanordnung,

[0046] [Fig. 5](#) beispielhaft verschiedene Betriebszustände einer weiteren in dem Mikroskopiesystem aus [Fig. 1A](#) alternativ verwendbaren Linsenanordnung,

[0047] [Fig. 6](#) beispielhaft verschiedene Betriebszustände einer weiteren in dem Mikroskopiesystem aus [Fig. 1A](#) alternativ verwendbaren Linsenanordnung,

[0048] [Fig. 7](#) schematisch einen Strahlengang eines Abbildungssystems eines Mikroskopiesystems gemäß

einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, und

[0049] [Fig. 8](#) schematisch den prinzipiellen Aufbau eines Mikroskopiesystems nach dem Stand der Technik.

[0050] Im Folgenden wird eine bevorzugte erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) näher erläutert.

[0051] [Fig. 1A](#) zeigt schematisch einen Strahlengang durch eine in eine Ebene entfaltete Anordnung wesentlicher Elemente eines Abbildungssystems **26** eines Mikroskopiesystems gemäß der bevorzugten ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0052] Das Mikroskopiesystem gemäß der bevorzugten ersten Ausführungsform umfaßt ein optisches Abbildungssystem **26**, welches ein Paar von Abbildungsstrahlengängen **2a**, **2b** bereitstellt. Alternativ kann das Abbildungssystem **26** jedoch auch lediglich einen Abbildungsstrahlengang oder auch mehr als nur ein Paar von Abbildungsstrahlengängen bereitstellen.

[0053] Die Abbildungsstrahlengänge **2a** und **2b** treffen sich jeweils paarweise in der Objektebene **1**. Stereooachsen der Abbildungsstrahlengänge **2a**, **2b** schließen dabei einen ersten Stereowinkel α_1 ein. Somit bildet das Mikroskopiesystem ein Stereomikroskop. In [Fig. 1A](#) beträgt der erste Stereowinkel α_1 je nach Betriebszustand des Mikroskopiesystems zwischen 4° und 10° . Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf den vorstehend angegebenen Winkelbereich beschränkt. Vielmehr ist es ausreichend, wenn der Stereowinkel von Null Grad verschieden ist.

[0054] Das Abbildungssystem **26** wird von einem ersten optischen Teilsystem T1 und einem zweiten optischen Teilsystem T2 gebildet, welche Teilsysteme T1 und T2 jeweils eine Mehrzahl optischer Elemente aufweisen.

[0055] Das erste Teilsystem T1 weist entlang einer gemeinsamen optischen Achse A ein erstes optisches Umlenkelement mit einer ersten optischen Spiegelfläche **3**, eine erste, zweite, dritte, vierte und fünfte optische Linse **4**, **5**, **6**, **7** und **8**, ein zweites optisches Umlenkelement mit einer zweiten optischen Spiegelfläche **9**, ein drittes optisches Umlenkelement mit einer dritten optischen Spiegelfläche **10**, eine sechste optische Linse **11**, ein viertes optisches Umlenkelement mit einer vierten optischen Spiegelfläche **12** sowie eine siebte und achte optische Linse **13** und **14** auf. Dabei werden die Linsen **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **11**, **13** und **14** des ersten Teilsystems T1 von den beiden Abbildungsstrahlengängen **2a** und **2b** gemeinsam durchsetzt.

[0056] Die Abbildungsstrahlengänge **2a** und **2b** werden nacheinander an der ersten Spiegelfläche **3**, der zweiten Spiegelfläche **9**, der dritten Spiegelfläche **10** und der vierten Spiegelfläche **12** reflektiert und so abgelenkt. Ersichtlich wird dabei auch die durch die Linsen **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **11**, **13** und **14** des ersten Teilsystems T1 festgelegte gemeinsame optische Achse A mehrfach durch die Spiegelflächen **3**, **9**, **10** und **12** abgelenkt.

[0057] Wie besonders gut aus [Fig. 1B](#) ersichtlich, schließen Normalenvektoren der durch die erste Spiegelfläche **3** und die vierte Spiegelfläche **12** aufgespannten Ebenen und Normalenvektoren der durch die dritte Spiegelfläche **10** und die vierte Spiegelfläche **12** aufgespannten Ebenen und Normalenvektoren der durch die zweite Spiegelfläche **9** und die dritte Spiegelfläche **10** aufgespannten Ebenen relativ zueinander jeweils einen konstanten Winkel von 90° ein. Der Winkel kann jedoch auch von 90° abweichen und insbesondere zwischen 70° und 110° und bevorzugt zwischen 80° und 100° betragen.

[0058] Diese Anordnung der ersten bis vierten Spiegelfläche **3**, **9**, **10** und **12** wirkt optisch insgesamt wie ein Porro-System zweiter Art. Das heißt, daß die erste bis vierte Spiegelfläche **3**, **9**, **10** und **12** sowohl eine Bildumkehr als auch eine Pupillenvertauschung bewirken. Weiter wird durch diese Anordnung der Spiegelflächen **3**, **9**, **10** und **12** aufgrund der mehrfachen Faltung der Abbildungsstrahlengänge **2a**, **2b** ein besonders kompakter Aufbau des Abbildungssystems **26** erzielt.

[0059] Die optischen Linsen **4–8** und **11** sind in dieser bevorzugten ersten Ausführungsform so konfiguriert, daß sie die Objektebene **1** auf einen Faktor 0,36 verkleinert (das heißt um 64% verkleinert) in ein Zwischenbild P abbilden. Dabei wird unter einem Zwischenbild eine zur Objektebene **1** optisch konjugierte Ebene verstanden (die Ebene kann auch gekrümmt sein). Das Zwischenbild P ist zwischen der sechsten und der siebten Linse **11**, **13** und genauer gesagt zwischen der sechsten Linse **11** und der vierten Spiegelfläche **12** angeordnet. Es wird betont, daß die vorliegende Erfindung nicht auf eine Verkleinerung der Objektebene **1** um ein 0,36-faches in das Zwischenbild P oder die vorstehende genaue Anordnung des Zwischenbildes beschränkt ist. Viel-

mehr ist es ausreichend, wenn die Objektebene auf höchstens ein 0,9-faches und bevorzugt auf höchstens ein 0,8-faches und weiter bevorzugt auf höchstens ein 0,6-faches besonders bevorzugt auf höchstens ein 0,5-faches verkleinert in das Zwischenbild P abgebildet ist.

[0060] Angesichts der einem Mikroskopiesystem innewohnenden Aufgabe, eine vergrößerte Abbildung eines in der Objektebene **1** anordenbaren Objektes zu bewirken, mag es überraschen, daß die Objektebene **1** in dem Mikroskopiesystem gemäß der bevorzugten ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht vergrößert, sondern ausdrücklich verkleinert in das Zwischenbild P abgebildet ist. Dies bringt jedoch erhebliche Vorteile mit sich, wie noch erläutert werden wird.

[0061] An dem Zwischenbild P schließen die Abbildungsstrahlengänge **2a** und **2b** einen zweiten Stereowinkel α_2 ein, wobei ein Verhältnis des ersten Stereowinkels α_1 in der Objektebene **1** zu dem zweiten Stereowinkel α_2 an dem Zwischenbild P kleiner als 0,9 und bevorzugt kleiner als 0,8 und besonders bevorzugt kleiner als 0,6 ist. Im vorliegenden Fall beträgt der zweite Stereowinkel α_2 gleich $19,6^\circ$, bei einem objektseitigen Stereowinkel $\alpha_1 = 7^\circ$. Somit beträgt das Verhältnis 0,36.

[0062] Weiter ist zwischen der dritten optischen Linse **6** und der vierten optischen Linse **7** sowie der achten optischen Linse **14** nachgeordnet jeweils eine afokale Schnittstelle AF1, AF2 angeordnet, in der die Abbildungsstrahlengänge **2a**, **2b** jeweils nach Unendlich abgebildet werden. Das Vorsehen der afokalen Schnittstellen AF1, AF2 ermöglicht einen modularen Aufbau des Abbildungssystems **26** des Mikroskopiesystems. Diese afokale Schnittstelle AF1 ist in [Fig. 2A](#) schematisch vergrößert dargestellt.

[0063] Alternativ zur Anordnung des Zwischenbilds P zwischen den afokalen Schnittstellen AF1, AF2, können die Abbildungsstrahlengänge **2a**, **2b** in den Linsen **4-8**, **11** bzw. **13**, **14** auch so geführt sein, daß das Zwischenbild P zwischen zwei Bereichen angeordnet ist, in denen ein Abstand D_a , D_b von Stereoachsen der Abbildungsstrahlengänge **2a**, **2b** von der durch die Linsen **4-8**, **11**, **13**, **14** festgelegten optischen Achse A jeweils maximal ist. Ein derartiger Bereich AF1' ist in [Fig. 2B](#) schematisch dargestellt. Diesen Bereichen entsprechen in den [Fig. 1A](#), [Fig. 1B](#) die afokalen Schnittstellen AF1, AF2.

[0064] Aus [Fig. 2A](#), [Fig. 2B](#) ist auch ersichtlich, daß in den vorstehend genannten Bereichen, denen in den [Fig. 1A](#), [Fig. 1B](#) die afokalen Schnittstellen AF1, AF2 entsprechen, ein Durchmesser S_a , S_b eines in den Abbildungsstrahlengängen **2a**, **2b** geführten Strahlenbündels jeweils ein Maximum aufweist.

[0065] Diese afokalen Schnittstellen AF1, AF2 bzw. vorstehend genannten Bereiche erlauben es, die optischen Linsen **4-8**, **11**, **13**, **14** des erste Teilsystems T1 der in den [Fig. 1A](#), [Fig. 1B](#) gezeigten bevorzugten ersten Ausführungsform in drei Gruppen G1, G2, G3 zu unterteilen.

[0066] Die erste Gruppe G1, die zwischen dem Zwischenbild P und einer ersten der beiden afokalen Schnittstellen AF1, welche erste afokale Schnittstelle AF1 zwischen dem Zwischenbild P und der Objektebene **1** angeordnet ist, umfaßt die Linsen **7**, **8** und **11** mit den optisch wirksamen Oberflächen **7a**, **7b**, **7c**, **8a**, **8b**, **11a** und **11b**. Die Gesamt-Brennweite der ersten Gruppe G1 beträgt in der gezeigten ersten Ausführungsform 115,3 mm.

[0067] Die zweite Gruppe G2, die zwischen dem Zwischenbild P und der anderen zweiten afokalen Schnittstelle AF2 angeordnet ist, umfaßt die Linsen **13** und **14** mit den optisch wirksamen Oberflächen **13a**, **13b**, **14a**, **14b** und **14c**. Die Gesamt-Brennweite der zweiten Gruppe G2 beträgt in der gezeigten ersten Ausführungsform 82,3 mm.

[0068] Die dritte Gruppe G3, die zwischen der ersten afokalen Schnittstelle AF1 und der Objektebene **1** angeordnet ist, umfaßt die Linsen **4**, **5** und **6** mit den optisch wirksamen Oberflächen **4a**, **4b**, **4c**, **5a**, **5b**, **6a**, **6b** und **6c**. Die Gesamt-Brennweite der dritten Gruppe G3 beträgt in der gezeigten ersten Ausführungsform 322,5 mm.

[0069] Anhand der so festgelegten Gruppen G1, G2 und G3 ist es möglich, für die Brennweiten von optisch wirksamen Oberflächen der Linsen der jeweiligen Gruppen vorteilhafte Beziehungen anzugeben. Dabei wird unter einer optisch wirksamen Oberfläche eine von den Abbildungsstrahlengängen **2a**, **2b** durchlaufene Linsenoberfläche mit einem Krümmungsradius von höchstens 10^4 mm und bevorzugt höchstens $5 \cdot 10^3$ mm und besonders bevorzugt höchstens 10^3 mm verstanden. Es ist offensichtlich, daß eine Linse auch gleichzeitig zwei unterschiedlichen Gruppen angehören kann, wenn ihre optischen Oberflächen unterschiedlichen Gruppen angehören.

[0070] Für den gemäß der Aufgabenstellung gewünschten kompakten Aufbau des erfindungsgemäßen Mikroskopiesystems bei einer dem Stand der Technik entsprechenden Gesamtvergrößerung hat es sich weiter als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn ein Verhältnis der Gesamt-Brennweite (d.h. der Summe der Brennweiten) der optisch wirksamen Oberflächen **7a, 7b, 7c, 8a, 8b, 11a** und **11b** der Linsen **7, 8** und **11** der ersten Gruppe G1 zur Gesamt-Brennweite der optisch wirksamen Oberflächen **13a, 13b, 14a, 14b** und **14c** der Linsen **13, 14** der zweiten Gruppe G2 wenigstens 1,1 und bevorzugt wenigstens 1,2 und besonders bevorzugt wenigstens 1,4 beträgt. In der in [Fig. 1A](#) gezeigten ersten Ausführungsform beträgt dieses Verhältnis, das auch als afokaler Vergrößerungsfaktor des Umkehrsystems bezeichnet werden kann, 1,40. Das gezeigte Umkehrsystem weist die Eigenschaften auf, dass es die optisch wirksamen Elemente zwischen der ersten afokalen Schnittstelle AF1 und der zweiten afokalen Schnittstelle AF2 umfasst, eine Bildumkehr und Pupillenvertauschung bewirkt und dass Zwischenbild P enthält. Dieser afokale Vergrößerungsfaktor trägt wesentlich zur geforderten Gesamtvergrößerung des Mikroskopiesystems bei.

[0071] Eine wesentliche Voraussetzung für den gemäß der Aufgabenstellung geforderten kompakten Aufbau des Mikroskopiesystems ist die Verkleinerung der Abbildung eines in der Objektebene **1** anordenbaren Objektes in das Zwischenbild P bzw. die Vergrößerung des zweiten Stereowinkels α_2 im Zwischenbild P gegenüber dem ersten Stereowinkel α_1 in der Objektebene **1**.

[0072] Als besonders vorteilhaft hat sich herausgestellt, wenn ein Verhältnis der Gesamt-Brennweite der optisch wirksamen Oberflächen **7a, 7b, 7c, 8a, 8b, 11a** und **11b** der Linsen **7, 8** und **11** der ersten Gruppe G1 zur Gesamt-Brennweite der optisch wirksamen Oberflächen **4a, 4b, 4c, 5a, 5b, 6a, 6b** und **6c** der Linsen **4, 5** und **6** der dritten Gruppe G3 zwischen 0,2 und 0,6 und bevorzugt zwischen 0,3 und 0,5 und besonders bevorzugt 0,4 beträgt. In der in [Fig. 1A](#) gezeigten ersten Ausführungsform beträgt dieses Verhältnis, das auch als Abbildungsmaßstab für ein in der Objektebene **1** anordenbares Objekt in das Zwischenbild P bezeichnet werden kann, 0,36.

[0073] Es bringt zusätzliche Vorteile, wenn ein Verhältnis der Gesamt-Brennweite der optisch wirksamen Oberflächen **13a, 13b, 14a, 14b** und **14c** der Linsen **13, 14** der zweiten Gruppe G2 zur Gesamt-Brennweite der optisch wirksamen Oberflächen **4a, 4b, 4c, 5a, 5b, 6a, 6b** und **6c** der Linsen **4, 5** und **6** der dritten Gruppe G3 zwischen 0,1 und 0,6 und bevorzugt zwischen 0,2 und 0,5 und besonders bevorzugt 0,3 beträgt. In der in [Fig. 1A](#) gezeigten ersten Ausführungsform beträgt dieses Verhältnis 0,255. Dieses Verhältnis setzt sich aus der durch die Linsen **4, 5** und **6** bewirkten Lupenvergrößerung der Objektebene **1** nach Unendlich von $VLO = 250 \text{ mm}/(\text{Brennweite der Linsen } 4, 5, 6)$ und der durch die Linsen **13** und **14** bewirkten Lupenvergrößerung des Zwischenbildes P nach Unendlich von $VLO = 250 \text{ mm}/(\text{Brennweite der Linsen } 13, 14)$ zusammen.

[0074] Das Verhältnis der jeweiligen Abstände D_a, D_b von Stereoachsen der Abbildungsstrahlengänge **2a, 2b** zur optischen Achse A in der ersten afokalen Schnittstelle AF1 bzw. dem ersten Bereich zu den jeweiligen Abständen von Stereoachsen der Abbildungsstrahlengänge **2a, 2b** zur optischen Achse A in der zweiten afokalen Schnittstelle AF2 bzw. dem zweiten Bereich höchstens 1,1 und bevorzugt höchstens 1,2 und besonders bevorzugt höchstens 1,4 beträgt. Hinsichtlich der Abstände der Stereoachsen zu der von den jeweiligen Linsen festgelegten optischen Achse in den jeweiligen afokalen Schnittstellen bzw. Bereichen wird ergänzend auf [Fig. 2A, Fig. 2B](#) verwiesen.

[0075] Die vorstehend genannten Verhältnisse sind alle geeignet, zu einer verkleinerten Abbildung der Objektebene **1** in das Zwischenbild P und/oder einer Vergrößerung des zweiten Stereowinkels α_2 an dem Zwischenbild P gegenüber dem ersten Stereowinkel α_1 in der Objektebene **1** beizutragen. Dabei ist es aber nicht zwingend erforderlich, daß gleichzeitig alle vorstehenden Verhältnisse erfüllt sind, solange eine auf höchstens ein 0,9-faches verkleinerte Abbildung der Objektebene **1** in das Zwischenbild P und/oder eine Vergrößerung des zweiten Stereowinkels α_2 an dem Zwischenbild P gegenüber dem ersten Stereowinkel α_1 in der Objektebene **1** auf wenigstens das 1,1-fache erzielt wird. Dabei werden die Stereowinkel α_1, α_2 jeweils durch die Stereobasis des Abbildungssystems **26** festgelegt.

[0076] Auch das zweite Teilsystem T2 des Abbildungssystems **26** weist eine Vielzahl von optischen Linsen **16'-19'** und **16''-19''** auf, in denen die Abbildungsstrahlengänge **2a** und **2b** jedoch anders als im ersten Teilsystem T1 jeweils getrennt geführt werden. Dies bedeutet, daß die optischen Linsen **16'-19', 16''-19'', 16'''-19'''** und **16''''-19''''** jeweils von je einem Abbildungsstrahlengang **2a** oder **2b** durchsetzt sind.

[0077] Die Stereoachsen sind durch die jeweiligen Mitten der beiden (stereoskopischen) Abbildungsstrahlengänge **2a** und **2b** für einen Objektpunkt des in der Objektebene **1** anordenbaren Objektes, welcher der Mitte der von dem Mikroskopiesystem bewirkten Abbildung entspricht, festgelegt. Anstelle dieses Objektpunktes

kann hierfür alternativ auch direkt ein Punkt der Objektebene **1** verwendet werden, welcher der Mitte der von dem Mikroskopiesystem bewirkten Abbildung entspricht. Diese Definition der Stereoachsen ist am besten anhand der [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) verständlich. In der [Fig. 1A](#) sind Strahlenbündel der beiden (stereoskopischen) Abbildungsstrahlengänge **2a** und **2b** für die Abbildung eines Punktes der Objektebene **1**, welcher der Mitte der von dem Mikroskopiesystem bewirkten Abbildung entspricht, dargestellt. Die Mittenstrahlen der Strahlenbündel dieser beiden Abbildungsstrahlengänge **2a** und **2b** definieren die beiden Stereoachsen. In [Fig. 1B](#) sind Strahlenbündel **2a**, **2a'**, **2a''**, **2a'''** und **2a''''** nur eines Abbildungsstrahlengangs dargestellt. Dabei ist ein Strahlenbündel des Abbildungsstrahlengangs für die Abbildung eines Punktes der Objektebene **1**, welcher der Mitte der von dem Mikroskopiesystem bewirkten Abbildung entspricht, stellvertretend für den ganzen Abbildungsstrahlengang mit **2a** gekennzeichnet. Mittelstrahlen dieses Strahlenbündels **2a** können zur Festlegung der Stereoachsen verwendet werden. Die Mittelstrahlen der in [Fig. 1B](#) zusätzlich gezeigten Randstrahlenbündel **2a'**, **2a''**, **2a'''** und **2a''''** des Abbildungsstrahlenganges können hingegen nicht zur Festlegung der Stereoachsen verwendet werden. Dabei legen die optischen Linsen **16'–19'** und **16''–19''** des zweiten Teilsystems T2 durch die von ihnen jeweils geführten Strahlenbündel auch den Verlauf der Abbildungsstrahlengänge **2a**, **2b** in den optischen Linsen **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **11**, **13** und **14** des ersten Teilsystems T1 und damit den Verlauf der Stereoachsen fest.

[0078] Über die optischen Linsen **16'–19'** und **16''–19''** des zweiten Teilsystems T2 und die siebte und achte Linse **13**, **14** der zweiten Gruppe G2 des ersten Teilsystems T1 wird das Zwischenbild P vergrößert abgebildet. Da die Objektebene **1** verkleinert in das Zwischenbild P abgebildet ist und/oder der zweite Stereowinkel α_2 an dem Zwischenbild P gegenüber dem ersten Stereowinkel α_1 in der Objektebene **1** vergrößert ist, kann diese vergrößerte Abbildung des Zwischenbildes P in dem zweiten Teilsystem T2 durch optische Elemente, zum Beispiel Linsen, mit kleineren Durchmessern und kleineren relativen Abständen voneinander entlang eines jeweils geführten Abbildungsstrahlengangs **2a**, **2b** erfolgen. Folglich weist das Abbildungssystem **26** des erfindungsgemäßen Mikroskopiesystems einen besonders kompakten Aufbau auf.

[0079] [Fig. 3](#) zeigt beispielhaft einen Größenvergleich zwischen Linsen **16'** bis **19'** des zweiten Teilsystems T2 des erfindungsgemäßen Mikroskopiesystems (in [Fig. 3](#) oben) mit entsprechenden Linsen eines herkömmlichen Mikroskopiesystems (in [Fig. 3](#) unten).

[0080] Wie in [Fig. 1B](#) angedeutet kann jeder Abbildungsstrahlengang **2a** und **2b** des zweiten Teilsystems T2 ferner beispielsweise je zwei optischen Linsen **20'** und **21'** und einen Kameraadapter **22'** für eine (in [Fig. 1A](#), [Fig. 1B](#) nicht gezeigte) Digitalkamera zur Erzeugung von Bilddaten aufweisen. Anstelle von separaten Digitalkameras kann für beide Abbildungsstrahlengänge **2a**, **2b** auch eine gemeinsame Stereokamera vorgesehen sein.

[0081] Gemäß einer nicht eigens gezeigten alternativen Ausführungsform ist anstelle der optischen Linsen **20'** und **21'** sowie des Kameraadapters **22'** für jeden Abbildungsstrahlengang **2a** und **2b** des zweiten Teilsystems T2 ein Tubus mit einer Okularoptik für eine direkte visuelle Beobachtung durch einen Benutzer vorgesehen.

[0082] Gemäß eines weiteren Aspekts der vorliegenden Erfindung ist in der in [Fig. 1A](#), [Fig. 1B](#) gezeigten bevorzugten ersten Ausführungsform die erste Linse **4** relativ zu der zweiten Linse **5** sowie die dritte Linse **6** relativ zu der vierten Linse **7** entlang der optischen Achse A und damit auch entlang der von ihnen geführten Abbildungsstrahlengänge **2a**, **2b** verlagerbar, um einen Abstand der Objektebene **1** von dem Abbildungssystem **26** des Mikroskopiesystems und damit einen Arbeitsabstand sowie eine Vergrößerung der Abbildung eines in der Objektebene **1** anordenbaren Objektes zu ändern. Gleichzeitig ist durch geeignete Wahl der Systemdaten dieser optischen Linsen **4**, **5**, **6** und **7** des ersten optischen Teilsystems automatisch sichergestellt, daß die Abbildungsstrahlengänge **2a** und **2b** auch nach einer Verlagerung der Linsen **4**, **5**, **6**, **7** in der Objektebene den von Null verschiedenen Stereowinkel α_1 einschließen.

[0083] Zusätzlich sind jeweils drei Abstände zwischen vier Linsen **16'–19'** und **16''–19''** des zweiten Teilsystems T2, die in einem jeweiligen Abbildungsstrahlengang **2a** und **2b** entlang einer gemeinsamen optischen Achse angeordnet sind, relativ zueinander entlang der optischen Achse und damit auch entlang des jeweiligen gemeinsamen Abbildungsstrahlengangs **2a**, **2b** verlagerbar, um eine Änderung einer Vergrößerung der von dem zweiten Teilsystem T2 in den jeweiligen Abbildungsstrahlengängen **2a** und **2b** jeweils bewirkten Abbildung zu bewirken.

[0084] Anstelle verlagerbarer Linsen können alternativ auch optische Elemente variabler Brechkraft, wie zum Beispiel Flüssigkeitslinsen, verwendet werden.

[0085] Somit weist das in [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigte erfindungsgemäße Mikroskopiesystem zwei seriell angeordnete Zoomsysteme auf, von denen ein Zoomsystem von optischen Linsen des ersten Teilsystems T1 und das zweite Zoomsystem von optischen Linsen des zweiten Teilsystems T2 bereitgestellt wird und deren Wirkungen sich ergänzen.

[0086] Die optischen Systemdaten des in [Fig. 1A](#) gezeigten Stereomikroskops lauten wie folgt:

| Fläche | Radius [mm] | Dicke [mm] | Medium | Freier Durchmesser [mm] |
|-----------------------|-------------|---------------|--------|-------------------------|
| Kameraadapter / Tubus | | | | |
| 19''c | 28,930 | | | 12,00 |
| | | 1,2 | LAFN7 | |
| 19''b | 15,052 | | | 11,8 |
| | | 3,0 | NPSK53 | |
| 19''a | -144,79 | | | 11,5 |
| | | 22,68...1,02 | Luft | |
| 18''c | -35,928 | | | 10,0 |
| | | 1,2 | NBAF4 | |
| 18''b | 9,9568 | | | 10,0 |
| | | 2,0 | NSF6 | |
| 18''a | 19,467 | | | 9,5 |
| | | 11,5 ... 11,5 | Luft | |
| 17''c | -19,467 | | | 9,5 |
| | | 2,0 | NSF6 | |
| 17''b | -9,9568 | | | 10,0 |
| | | 1,2 | NBAF4 | |
| 17''a | 35,928 | | | 10,5 |
| | | 1,02...22,68 | Luft | |
| 16''c | 144,79 | | | 11,5 |
| | | 3,0 | NPSK53 | |
| 16''b | -15,052 | | | 11,8 |
| | | 1,2 | LAFN7 | |
| 16''a | -28,930 | | | 12,0 |
| | | 20,0 | Luft | |
| 14c | 102,55 | | | 34,0 |
| | | 3,0 | LAFN7 | |
| 14b | 50,047 | | | 34,0 |
| | | 6,0 | NFK51 | |
| 14a | -197,88 | | | 34,0 |
| | | 1,0 | Luft | |
| 13b | 52,089 | | | 34,0 |

| Fläche | Radius [mm] | Dicke [mm] | Medium | Freier Durchmesser [mm] |
|--------|----------------|---------------|--------|----------------------------|
| | | 4,0 | NFK51 | |
| 13a | 306,55 | | | 34,0 |
| | | 20,0 | Luft | |
| 12 | Plan | | | Spiegel |
| | | 65,805 | Luft | |
| 11b | Plan | | | 30,0 |
| | | 4,0 | LAFN7 | |
| 11a | -116,05 | | | 30,0 |
| | | 38,195 | Luft | |
| 10 | Plan | | | Spiegel |
| | | 44,0 | Luft | |
| 9 | Plan | | | Spiegel |
| | | 23,0 | Luft | |
| 8b | -392,46 | | | 48,0 |
| | | 6,0 | NFK51 | |
| 8a | -75,151 | | | 48,0 |
| | | 1,0 | Luft | |
| 7c | 273,58 | | | 48,0 |
| | | 8,0 | NFK51 | |
| 7b | -68,282 | | | 48,0 |
| | | 4,0 | LAFN7 | |
| 7a | -151,48 | | | 48,0 |
| | | 2,0...18,0 | Luft | |
| 6c | 238,24 | | | 48,0 |
| | | 7,0 | NPSK53 | |
| 6b | -93,039 | | | 48,0 |
| | | 4,0 | SF56A | |
| 6a | -332,28 | | | 48,0 |
| | | 0,1 | Luft | |
| 5b | 107,96 | | | 46,0 |
| | | 5,0 | NSK16 | |
| 5a | Plan | | | 46,0 |
| | | 16,5...0,5 | Luft | |

| Fläche | Radius [mm] | Dicke [mm] | Medium | Freier Durchmesser [mm] |
|-------------|----------------|---------------|--------|----------------------------|
| 4c | Plan | | | 45,0 |
| | | 3,0 | NSSK8 | |
| 4b | 43,717 | | | 42,0 |
| | | 5,0 | NSF6 | |
| 4a | 66,970 | | | 40,0 |
| | | 22,0 | Luft | |
| 3 | Plan | | | Spiegel |
| | | 224,0...424,0 | Luft | |
| Objektebene | | | | |

[0087] In [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) bilden die Linsen **4**, **5** und **6** ein Tele-Varioskop. Alternativ kann jedoch auch ein Retrofokus-Varioskop verwendet werden. Ein entsprechender Aufbau ist schematisch in [Fig. 4](#) gezeigt.

[0088] Weiter stellt das Mikroskopiesystem gemäß der bevorzugten ersten Ausführungsform einen Sekundärstrahlengang **24** bereit, welcher die erste Spiegelfläche **3** des ersten Umlenkelements in einem zentralen Bereich durchsetzt. Dieser zentrale Bereich kann vorzugsweise zwischen Strahlquerschnittsflächen der Abbildungsstrahlengänge **2a** und **2b** liegen. Dies ist insbesondere dann sichergestellt, wenn die optischen Linsen des ersten Teilsystems T1 eine Pupillenabbildung im Bereich der ersten Spiegelfläche bewirken. Hierfür weist die erste Spiegelfläche **3** eine in [Fig. 1B](#) gezeigte Ausnehmung **25** auf. Alternativ zum Vorsehen einer Ausnehmung ist es jedoch beispielsweise ausreichend, wenn die erste Spiegelfläche **3** zumindest bereichsweise eine Transparenz für Strahlung des Sekundärstrahlengangs **24** aufweist, die größer ist als eine Transparenz für Strahlung der Abbildungsstrahlengänge **2a**, **2b**. Die Einkopplung des Sekundärstrahlengangs **24** kann alternativ auch auf eine andere Weise erfolgen. Das in [Fig. 1A](#) gezeigte Mikroskopiesystem weist somit eine 0°-Beleuchtung für ein in der Objektebene **1** anordenbares Objekt auf.

[0089] In [Fig. 1A](#) wird der Sekundärstrahlengang **24** durch eine Beleuchtungsoptik **30** eines Beleuchtungssystems gebildet, wobei das Beleuchtungssystem weiter eine Strahlungsquelle **23** umfaßt. Dieses Beleuchtungssystem ist nicht Teil des Abbildungssystems **26**.

[0090] Alternativ kann zusätzlich oder anstelle des die Beleuchtungsoptik **30** und die Strahlungsquelle **23** umfassenden Beleuchtungssystems auch ein Infrarot-Beobachtungssystem (nicht gezeigt) mit einer Infrarot-Abbildungsoptik und einer Infrarot-Kamera vorgesehen sein, wobei die Infrarot-Abbildungsoptik den Sekundärstrahlengang **24** bereitstellt. Weiter kann zusätzlich oder anstelle des Beleuchtungssystems auch ein Laser (nicht gezeigt) mit einem Strahlführungssystem (nicht gezeigt), welches den Sekundärstrahlengang **24** bereitstellt, vorgesehen sein. Ein derartiger Laser ermöglicht eine Therapie beispielsweise zur Krebsbehandlung.

[0091] Weiter kann ein (in den Figuren nicht gezeigter) Strahlteiler vorgesehen sein, der die Abbildungsstrahlengänge **2a**, **2b** durch geometrische oder physikalische Strahlteilung trennt. Wenn dieser Strahlteiler zwischen dem ersten Teilsystem T1 und dem zweiten Teilsystem T2 und somit im Bereich der zweiten afokalen Schnittstelle AF2 angeordnet ist, kann hierdurch beispielsweise ein frei schwenkbarer Mitbeobachtertubus mit weitgehend unabhängig einstellbarer Vergrößerung bereitgestellt werden. Ein frei schwenkbarer Mitbeobachtertubus wird ergonomischen Anforderungen eines Benutzers des Mikroskopiesystems am besten gerecht.

[0092] In der vorstehend beschriebenen bevorzugten ersten Ausführungsform ist das erste, zweite, dritte und vierte Umlenkelement jeweils ein optischer Spiegel. Alternativ können die Umlenkelemente jedoch beispielsweise auch Prismen mit jeweils wenigstens einer Spiegelfläche sein. Weiter können das erste, zweite, dritte und vierte Umlenkelement wahlweise jeweils separate Spiegelflächen zur Ablenkung der Abbildungsstrahlengänge **2a** und **2b** aufweisen.

[0093] Alternativ kann auf eine Ablenkung der Abbildungsstrahlengänge **2a**, **2b** jedoch auch ganz oder teilweise verzichtet werden. Auch kann der Abbildungsstrahlengang beispielsweise nur ein, zwei oder dreimal abgelenkt sein.

[0094] Hierdurch wird der Aufbau des Mikroskopiesystems jedoch zum Teil deutlich verlängert. Gleichwohl weist das erfindungsgemäße Mikroskopiesystem weiterhin einen kompakteren Aufbau als ein gleich gefaltetes Mikroskopiesystem aus dem Stand der Technik auf. Der Grund ist, dass das zweite Teilsystem T2 des erfindungsgemäßen Mikroskopiesystems bei gleicher Gesamtvergrößerung der Mikroskopiesysteme kompakter ausgebildet ist, als ein entsprechendes zweites Teilsystem des vorbekannten Mikroskopiesystems. Weiter alternativ ist es auch möglich, die Abbildungsstrahlengänge **2a**, **2b** öfter als viermal abzulenken.

[0095] Das Mikroskopiesystem gemäß der bevorzugten ersten Ausführungsform eignet sich besonders gut zur Verwendung als Operationsmikroskop, da das Abbildungssystem **26** eine besonders geringe Bauhöhe und ein besonders geringes Bauvolumen aufweist.

[0096] [Fig. 1B](#) zeigt schematisch eine perspektivische Ansicht, um (im Gegensatz zu der in [Fig. 1A](#) in eine Ebene entfalteten Anordnung) die tatsächliche räumliche Anordnung wesentlicher Elemente des Abbildungssystems **26** des Mikroskopiesystems gemäß der bevorzugten ersten Ausführungsform zu verdeutlichen. In der [Fig. 1B](#) ist der besseren Übersichtlichkeit halber nur ein Abbildungsstrahlengang **2a** dargestellt. Zudem wurde in [Fig. 1B](#) auf eine Darstellung des Beleuchtungssystems verzichtet.

[0097] Bei einem Mikroskopiesystem, bei dem es wie vorstehend beschrieben möglich ist, eine Abbildungsvergrößerung und/oder einen Arbeitsabstand durch Verlagerung von optischen Linsen einzustellen, ist es nachteilig, daß die aus Anwendersicht äußerst vorteilhafte Variation des Arbeitsabstandes in der Regel mit einer Diskrepanz der Brennweite zum jeweiligen Arbeitsabstand verbunden ist. So ist die Brennweite beispielsweise bei einem Tele-Varioskopssystem deutlich größer als der Arbeitsabstand, wohingegen bei einem Retrofokus-Varioskopssystem die Brennweite deutlich kürzer als der jeweilige Arbeitsabstand ist.

[0098] Zur Lösung dieses Problems wird das in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) gezeigte dreigliedrige Varioskopssystem vorgeschlagen. Die in [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) gezeigten dreigliedrigen Varioskopssysteme weisen jeweils drei seriell angeordnete optische Baugruppen **51**, **52** und **53** bzw. **61**, **62** und **63** auf, welche von dem wenigstens einen Abbildungsstrahlengang nacheinander durchsetzt sind.

[0099] In den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) wird die erste optische Baugruppe **51** und **61** jeweils durch eine optische Linse gebildet. Weiter wird die zweite optische Baugruppe **52** bzw. **62** jeweils durch zwei optische Linsen gebildet, welche relativ zueinander ortsfest sind.

[0100] In [Fig. 5](#) wird die dritte optische Baugruppe **53** ebenfalls durch zwei optische Linsen gebildet, die relativ voneinander um einen konstanten Abstand beabstandet sind, wohingegen in [Fig. 6](#) die dritte optische Baugruppe **63** lediglich durch eine optische Linse gebildet ist.

[0101] Durch wohldefinierte gleichzeitige Änderung von Luftabständen d_1 und d_2 zwischen den drei optischen Baugruppen **51**, **52** und **53** bzw. **61**, **62** und **63** wird ein Varioskopssystem mit den Eigenschaften eines festbrennweitigen Hauptobjektives zur Verfügung gestellt, um eine Anpassung der Brennweite an einen Arbeitsabstand AA von einer Objektebene **1** auch nach einer Variation des Arbeitsabstandes sicherzustellen.

[0102] Die Systemdaten des in [Fig. 5](#) gezeigten Retrofokus-Varioskopsystems lauten wie folgt:

| Fläche | Radius [mm] | Dicke [mm] | Medium | Freier Durchmesser [mm] |
|--------|-------------|-------------|--------|-------------------------|
| 51c | 80,963 | | | 20,0 |
| | | 4,0 | NSSK8 | |
| 5b | -45,484 | | | 20,0 |
| | | 2,0 | NSF6 | |
| 51a | -123,82 | | | 20,0 |
| | | 8,2 ... 1,2 | Luft | |
| 52e | -1524,4 | | | 20,0 |
| | | 3,0 | SF57 | |
| 52d | -40,485 | | | 20,0 |
| | | 2,0 | NPSK53 | |
| 52c | 37,668 | | | 20,0 |
| | | 3,0 | Luft | |
| 52b | -34,879 | | | 20,0 |
| | | 2,0 | NPSK3 | |
| 52a | 172,34 | | | 20,0 |
| | | 7,7 ... 1,7 | Luft | |
| 53e | 209,32 | | | 32,0 |
| | | 4,0 | NPSK53 | |
| 53d | -55,334 | | | 32,0 |
| | | 0,1 | Luft | |
| 53c | 70,408 | | | 32,0 |
| | | 7,0 | NPSK53 | |

| Fläche | Radius [mm] | Dicke [mm] | Medium | Freier Durchmesser [mm] |
|--------|-------------|-------------|--------|-------------------------|
| 53b | -47,754 | | | 32,0 |
| | | 3,0 | NSF6 | |
| 53a | -564,00 | | | 32,0 |
| | | 200 ... 400 | | |
| | | Objekt | | |

[0103] Geeignete Abstände d_1 und d_2 zwischen den optischen Baugruppen **51**, **52** und **53** des in [Fig. 5](#) gezeigten Retrofokus-Varioskopsystems sind in der folgenden Tabelle angegeben:

| AA [mm] | d_1 [mm] | d_2 [mm] |
|---------|------------|------------|
| 200 | 8,16 | 7,74 |
| 300 | 3,51 | 3,56 |
| 400 | 1,18 | 1,72 |

[0104] Für das in [Fig. 6](#) gezeigte Tele-Varioskopsystem lauten die Systemdaten wie folgt:

| Fläche | Radius [mm] | Dicke [mm] | Medium | Freier Durchmesser [mm] |
|--------|-------------|--------------|--------|-------------------------|
| | | Zoom | | |
| 61c | -119,41 | | | 25,0 |
| | | 3,0 | SF57 | |
| 61b | -69,972 | | | 25,0 |
| | | 2,0 | NBAF52 | |
| 61a | 126,85 | | | 25,0 |
| | | 19,9 ... 5,8 | Luft | |
| 62e | 304,82 | | | 32,0 |
| | | 6,0 | NPSK53 | |
| 62d | -31,227 | | | 32,0 |
| | | 3,0 | SF57 | |
| 62c | -56,307 | | | 32,0 |
| | | 0,1 | Luft | |

| Fläche | Radius [mm] | Dicke [mm] | Medium | Freier Durchmesser [mm] |
|--------|-------------|-------------|--------|-------------------------|
| 62b | 66,072 | | | 32,0 |
| | | 4,0 | NPSK53 | |
| 62a | -411,61 | | | 32,0 |
| | | 7,0 ... 1,1 | Luft | |
| 63c | -276,18 | | | 32,0 |
| | | 3,0 | NSSK8 | |
| 63b | 27,297 | | | 32,0 |
| | | 4,0 | NSF6 | |
| 63a | 47,864 | | | 32,0 |
| | | 200 ... 400 | Luft | |
| | | Objekt | | |

[0105] Für vorgegebene Arbeitsabstände AA von der Objektebene 1 lauten die Abstände d1 und d2 zwischen den optischen Baugruppen **61**, **62** und **63** wie folgt:

| AA [mm] | d1 [mm] | d2 [mm] |
|---------|---------|---------|
| 200 | 19,88 | 7,03 |
| 300 | 10,52 | 3,26 |
| 400 | 5,84 | 1,06 |

[0106] Insgesamt unterscheidet sich die vorstehend anhand der [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) beschriebene Lösung von herkömmlichen Varioskopsystemen dadurch, daß zur Arbeitsabstandsvariation zwei Luftabstände d1 und d2 zwischen den drei optischen Baugruppen **51**, **52** und **53** bzw. **61** und **62** und **63** geändert werden, während bei herkömmlichen Varioskopen zur Arbeitsabstandsänderung nur ein Luftabstand verändert werden muß. Die vorstehend beschriebenen Varioskopsysteme mit Festbrennweite haben gegenüber herkömmlichen Variosko-

psystemen nach dem bekannten Teleprinzip und Retrofokusprinzip zwar keinen so kompakten Aufbau. Dieser Nachteil kann bei einem gefalteten Aufbau des Mikroskopiesystems als solches jedoch weitgehend ausgeglichen werden und wird durch die erreichten Vorteile der Varioskopsysteme mit Festbrennweite mehr als ausgeglichen. Zusätzlich stellen sie eine bisher nicht offenbarte Problemlösung der Forderung nach einer Aufhebung der bei einem konventionellen Varioskopsystem bestehenden Diskrepanz zwischen Arbeitsabstand und Brennweite bereit.

[0107] Hierdurch ist das in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) gezeigte Varioskopsystem mit Festbrennweite besonders gut für das vorstehend beschriebene Mikroskopiesystem gemäß der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geeignet.

[0108] Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf [Fig. 7](#) eine zweite Ausführungsform eines Mikroskopiesystems gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben. Dabei zeigt [Fig. 7](#) schematisch einen Strahlengang durch eine in eine Ebene entfaltete Anordnung wesentlicher Elemente eines Abbildungssystems **26'** des Mikroskopiesystems. Der Aufbau des Mikroskopiesystems gemäß der zweiten Ausführungsform entspricht in wesentlichen Teilen dem Aufbau des Mikroskopiesystems gemäß der vorstehend ausführlich beschriebenen ersten Ausführungsform. Folglich werden nur Unterschiede zwischen der ersten und zweiten Ausführungsform detailliert erläutert.

[0109] Auch das Mikroskopiesystem gemäß der zweiten Ausführungsform weist ein Abbildungssystem **26'** auf, um ein in einer Objektebene **1** anordenbares Objekt (nicht gezeigt) abzubilden. Dabei stellt das Abbildungssystem **26'** zwei Paar von Abbildungsstrahlengängen **2a**, **2b** und **2c**, **2d** bereit. Das Abbildungssystem **26'** setzt sich (wie in der vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsform) aus einem ersten Teilsystem T1' mit mehreren optischen Linsen **4–8**, **11**, in welchen die Abbildungsstrahlengänge **2a–2d** gemeinsam geführt werden, und einem zweiten Teilsystem T2' mit mehreren optischen Linsen **16'–21'**, **22'**, **16''–21''**, **22''**, **16'''–21'''**, **22'''** und **16''''–21''''**, **22''''**, in denen die Abbildungsstrahlengänge **2a–2d** getrennt geführt werden, zusammen. Auch hier sind Linsen des ersten und zweiten Teilsystems T1', T2' zur Anpassung eines Arbeitsabstandes bzw. zur Änderung der Abbildungsvergrößerung relativ zueinander verlagerbar. Auf eine nähere Beschreibung dieser Elemente wird verzichtet.

[0110] Wesentlich an der in [Fig. 7](#) gezeigten zweiten Ausführungsform ist, daß keine Umlenkelemente zum Ablenken der Abbildungsstrahlengänge **2a–2d** vorgesehen sind. Lediglich die Abbildungsstrahlengänge **2c** und **2d** werden in einem frei verdrehbaren Strahlteiler **15** gefaltet, um sie von den Abbildungsstrahlengängen **2a** und **2b** zu trennen und ergonomische Anpassungen der Abbildungsstrahlengänge zu erlauben.

[0111] [Fig. 7](#) zeigt zusätzlich zwei Digitalkameras **31'** und **31''**, welche aus in den Abbildungsstrahlengängen **2a** und **2b** geführter Strahlung Bilddaten erzeugen. Weiter sind zwei Okularoptiken **32'''**, **32''''** für eine direkte visuelle Beobachtung von in den Abbildungsstrahlengängen **2c** und **2d** geführter Strahlung durch einen Benutzer vorgesehen.

[0112] Die Einkopplung der Null-Grad Beleuchtung erfolgt in der zweiten Ausführungsform über einen Beleuchtungsspiegel, der in einer Pupillenebene der Abbildungsstrahlengänge **2a–2d** zwischen Strahlquerschnittsflächen von in den Abbildungsstrahlengängen **2a–2d** geführter Strahlung angeordnet ist.

[0113] Auch das Mikroskopiesystem gemäß der zweiten Ausführungsform kann mit einem Varioskopsystem mit Festbrennweite kombiniert werden, wie es in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) gezeigt ist.

[0114] Zusammenfassend wird ein Mikroskopiesystem zur Abbildung eines in einer Objektebene des Mikroskopiesystems anordenbaren Objekts vorgeschlagen, welches aufgrund einer verkleinerten Abbildung der Objektebene in ein Zwischenbild und/oder einem gegenüber dem Stereowinkel in der Objektebene vergrößerten Stereowinkel an dem Zwischenbild einen für eine zu erzielende Gesamtvergrößerung besonders kompakten Aufbau aufweist.

Patentansprüche

1. Mikroskopiesystem zur Abbildung eines in einer Objektebene (**1**) des Mikroskopiesystems anordenbaren Objekts, wobei das Mikroskopiesystem umfaßt:
ein Abbildungssystem (**26**) mit mehreren optischen Elementen zur Bereitstellung wenigstens eines Abbildungsstrahlenganges (**2a**, **2b**, **2c**, **2d**),
wobei die mehreren optischen Elemente eine Mehrzahl von optischen Linsen (**4–8**, **11**, **13**, **14**) umfassen, wel-

che der wenigstens eine Abbildungsstrahlengang (**2a–2d**) nacheinander durchläuft und welche die Objektebene (**1**) in ein Zwischenbild (P) abbilden,

dadurch gekennzeichnet, daß

die optischen Linsen (**4–8, 11**) derart konfiguriert sind, daß die Objektebene (**1**) auf höchstens ein 0,9-faches und bevorzugt auf höchstens ein 0,8-faches und weiter bevorzugt auf höchstens ein 0,6-faches besonders bevorzugt auf höchstens ein 0,5-faches verkleinert in das Zwischenbild (P) abgebildet ist.

2. Mikroskopiesystem nach Anspruch 1,

wobei die mehreren optischen Elemente des Abbildungssystems (**26**) wenigstens ein Paar von Abbildungsstrahlengängen (**2a, 2b, 2c, 2d**) bereitstellen, welche in der Objektebene (**1**) einen ersten Stereowinkel (α_1) einschließen,

wobei die Abbildungsstrahlengänge (**2a–2d**) an dem Zwischenbild (P) einen zweiten Stereowinkel (α_2) einschließen, und

wobei ein Verhältnis des ersten Stereowinkels (α_1) in der Objektebene (**1**) zu dem zweiten Stereowinkel (α_2) an dem Zwischenbild (P) kleiner als 0,9 und bevorzugt kleiner als 0,8 und besonders bevorzugt kleiner als 0,6 ist.

3. Mikroskopiesystem zur Abbildung eines in einer Objektebene (**1**) des Mikroskopiesystems anordenbaren Objekts, wobei das Mikroskopiesystem umfaßt:

ein Abbildungssystem (**26**) mit mehreren optischen Elementen zur Bereitstellung wenigstens eines Paares von Abbildungsstrahlengängen (**2a, 2b, 2c, 2d**), welche in der Objektebene (**1**) einen ersten Stereowinkel (α_1) einschließen,

wobei die mehreren optischen Elemente eine Mehrzahl von optischen Linsen (**4–8, 11, 13, 14**) umfassen, welche das wenigstens eine Paar von Abbildungsstrahlengängen (**2a–2d**) nacheinander durchläuft und welche die Objektebene (**1**) in ein Zwischenbild (P) abbilden, und

wobei die Abbildungsstrahlengänge (**2a–2d**) an dem Zwischenbild (P) einen zweiten Stereowinkel (α_2) einschließen,

dadurch gekennzeichnet, daß

ein Verhältnis des ersten Stereowinkels (α_1) in der Objektebene (**1**) zu dem zweiten Stereowinkel (α_2) an dem Zwischenbild (P) kleiner als 0,9 und bevorzugt kleiner als 0,8 und besonders bevorzugt kleiner als 0,6 ist.

4. Mikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 2 oder 3,

wobei die optischen Linsen (**4–8, 11, 13, 14**) von den Abbildungsstrahlengängen (**2a–2d**) gemeinsam durchsetzt sind, und

wobei die Abbildungsstrahlengänge (**2a–2d**) in den Linsen (**4–8, 11, 13, 14**) so geführt sind, daß das Zwischenbild (P) zwischen zwei Bereichen (AF1, AF2) angeordnet ist, in denen ein Abstand von Stereoachsen der Abbildungsstrahlengänge (**2a–2d**) von einer durch die Linsen (**4–8, 11, 13, 14**) festgelegten optischen Achse (A) jeweils maximal ist.

5. Mikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der wenigstens eine Abbildungsstrahlengang (**2a–2d**) in den Linsen (**4–8, 11, 13, 14**) so geführt ist, daß das Zwischenbild (P) zwischen zwei Bereichen (AF1, AF2) angeordnet ist, in denen ein Durchmesser eines in dem wenigstens einen Abbildungsstrahlengang (**2a–2d**) geführten Strahlenbündels jeweils maximal ist.

6. Mikroskopiesystem nach Anspruch 4 oder 5,

wobei zwischen dem Zwischenbild (P) und einem ersten der beiden Bereiche (AF1), an denen ein Abstand von Stereoachsen der Abbildungsstrahlengänge (**2a–2d**) zur optischen Achse (A) und/oder ein Durchmesser eines in dem wenigstens einen Abbildungsstrahlengang (**2a–2d**) geführten Strahlenbündels jeweils maximal ist, welcher erste Bereich (AF1) zwischen dem Zwischenbild (P) und der Objektebene (**1**) angeordnet ist, eine erste Gruppe (G1) von optisch wirksamen Oberflächen von Linsen (**7, 8, 11**) angeordnet ist,

wobei zwischen dem Zwischenbild (P) und dem zweiten der beiden Bereiche (AF2) eine zweite Gruppe (G2) von optisch wirksamen Oberflächen von Linsen (**13, 14**) angeordnet ist, und

wobei zwischen dem ersten Bereich (AF1) und der Objektebene (**1**) eine dritte Gruppe (G3) von optisch wirksamen Oberflächen von Linsen (**4, 5, 6**) angeordnet ist.

7. Mikroskopiesystem nach Anspruch 6, wobei ein Verhältnis der Gesamt-Brennweite der optisch wirksamen Flächen der ersten Gruppe zur Gesamt-Brennweite der optisch wirksamen Flächen der zweiten Gruppe wenigstens 1,1 und bevorzugt wenigstens 1,2 und besonders bevorzugt wenigstens 1,4 beträgt.

8. Mikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 6 oder 7, wobei ein Verhältnis der Gesamt-Brennweite

der optisch wirksamen Flächen der ersten Gruppe zur Gesamt-Brennweite der optisch wirksamen Flächen der dritten Gruppe zwischen 0,2 und 0,6 und bevorzugt zwischen 0,3 und 0,5 und besonders bevorzugt 0,4 beträgt.

9. Mikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei ein Verhältnis der Gesamt-Brennweite der optisch wirksamen Flächen der zweiten Gruppe zur Gesamt-Brennweite der optisch wirksamen Flächen der dritten Gruppe zwischen 0,1 und 0,6 und bevorzugt zwischen 0,2 und 0,5 und besonders bevorzugt 0,3 beträgt.

10. Mikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 4 bis 9, wobei ein Verhältnis der jeweiligen Abstände von Stereoachsen der Abbildungsstrahlengänge (**2a–2d**) zur optischen Achse (A) im ersten Bereich (AF1) zu den jeweiligen Abständen von Stereoachsen der Abbildungsstrahlengänge (**2a–2d**) zur optischen Achse (A) im zweiten Bereich (AF2) höchstens 1,1 und bevorzugt höchstens 1,2 und besonders bevorzugt höchstens 1,4 beträgt.

11. Mikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 4 bis 10, wobei die Linsen (**4–8, 11, 13, 14**) die Abbildungsstrahlengänge (**2a–2d**) in wenigstens einem der Bereiche (AF1, AF2), in denen ein Abstand von Stereoachsen der Abbildungsstrahlengänge (**2a–2d**) zur optischen Achse (A) und/oder ein Durchmesser eines in dem wenigstens einen Abbildungsstrahlengang (**2a–2d**) geführten Strahlenbündels maximal ist, nach unendlich abbilden.

12. Mikroskopiesystem nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Abbildungssystem (**26**) eine erste, zweite, dritte und vierte Spiegelfläche (**3, 9, 10, 12**) zur Ablenkung des wenigstens einen Abbildungsstrahlengangs (**2a–2d**) aufweist; und wobei der wenigstens eine Abbildungsstrahlengang (**2a–2d**) nacheinander an der ersten Spiegelfläche (**3**), der zweiten Spiegelfläche (**9**), der dritten Spiegelfläche (**10**) und der vierten Spiegelfläche (**12**) reflektiert ist.

13. Mikroskopiesystem nach Anspruch 12, wobei die erste Spiegelfläche (**3**) und die vierte Spiegelfläche (**12**) relativ zueinander einen Winkel von zwischen 80° und 100° und bevorzugt 90° einschließen, sowie die zweite Spiegelfläche (**9**) und die dritte Spiegelfläche (**10**) relativ zueinander einen Winkel von zwischen 80° und 100° und bevorzugt 90° einschließen, und die dritte Spiegelfläche (**10**) und die vierte Spiegelfläche (**9**) relativ zueinander einen Winkel von zwischen 80° und 100° und bevorzugt 90° einschließen.

14. Mikroskopiesystem nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Abbildungssystem (**26**) wenigstens ein Paar von Abbildungsstrahlengängen (**2a, 2b, 2c, 2d**) bereitstellt, die in der Objektebene (**1**) einen Stereowinkel (α_1) einschließen; und wobei das Abbildungssystem (**26**) ein erstes Teilsystem (T1) aufweist, das eine Mehrzahl von optischen Linsen (**4–8, 11, 13, 14**) umfaßt, welche von beiden Abbildungsstrahlengängen (**2a–2d**) des wenigstens einen Paares von Abbildungsstrahlengängen (**2a–2d**) gemeinsam durchsetzt sind.

15. Mikroskopiesystem nach Anspruch 14, wobei die zweite und/oder dritte und/oder vierte Spiegelfläche (**9, 10, 12**) zwischen optischen Linsen (**4–8, 11, 13, 14**) des ersten Teilsystems (T1) angeordnet ist.

16. Mikroskopiesystem nach einem der Ansprüche 14 oder 15, wobei wenigstens zwei Linsen (**4, 5, 6**) des ersten Teilsystems (T1) entlang der von ihnen geführten Abbildungsstrahlengänge (**2a–2d**) relativ zueinander verlagerbar sind.

17. Mikroskopiesystem nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Abbildungssystem (**26**) ein zweites Teilsystem (T2) aufweist, das eine Mehrzahl von optischen Linsen (**16'–21', 16''–21'', 16'''–21''', 16''''–21''''**) umfaßt, welche jeweils von lediglich einem Abbildungsstrahlengang (**2a, 2b, 2c, 2d**) des wenigstens einen Paares von Abbildungsstrahlengängen (**2a, 2b, 2c, 2d**) durchsetzt sind.

18. Mikroskopiesystem nach Anspruch 17, wobei wenigstens zwei Linsen (**16'–19', 16''–19'', 16'''–19''', 16''''–19''''**) des zweiten Teilsystems (T2) entlang eines gemeinsamen Abbildungsstrahlengangs (**2a–2d**) relativ zueinander verlagerbar sind.

19. Mikroskopiesystem zur Abbildung eines in einer Objektebene (**1**) des Mikroskopiesystems anordenbaren Objekts, insbesondere nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Mikroskopiesystem umfaßt:
ein Abbildungssystem (**26**) zur Bereitstellung wenigstens eines Paares von Abbildungsstrahlengängen (**2a, 2b, 2c, 2d**), welche in der Objektebene (**1**) einen Stereowinkel (α_1) einschließen,
wobei das Abbildungssystem (**26**) ein erstes Teilsystem (T1) aufweist, das eine Mehrzahl von optischen Linsen

(**4–8, 11, 13, 14**) umfaßt, welche von beiden Abbildungsstrahlengängen (**2a, 2b, 2c, 2d**) des wenigstens einen Paares von Abbildungsstrahlengängen (**2a–2d**) gemeinsam durchsetzt sind, und wobei das Abbildungssystem (**26**) ein zweites Teilsystem (T2) aufweist, das eine Mehrzahl von optischen Linsen (**16'–21', 16''–21'', 16'''–21''', 16''''–21''''**) umfaßt, welche jeweils von lediglich einem Abbildungsstrahlengang (**2a, 2b, 2c, 2d**) des wenigstens einen Paares von Abbildungsstrahlengängen (**2a, 2b, 2c, 2d**) durchsetzt sind, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Linsen (**4, 5, 6**) des ersten Teilsystems (T1) und wenigstens zwei Linsen (**16'–19', 16''–19'', 16'''–19''', 16''''–19''''**) des zweiten Teilsystems (T2) entlang eines gemeinsamen Abbildungsstrahlengangs (**2a–2d**) relativ zueinander verlagerbar sind, um jeweils eine Vergrößerung der Abbildung des in der Objektebene (**1**) anordenbaren Objektes zu ändern.

20. Mikroskopiesystem nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Mikroskopiesystem weiter ein Beleuchtungssystem (**23, 30**) mit einem Beleuchtungsstrahlengang (**24**) zur Beleuchtung der Objektebene (**1**) umfaßt.

21. Mikroskopiesystem nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Mikroskopiesystem ein Stereomikroskop und bevorzugt ein Operationsmikroskop ist.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

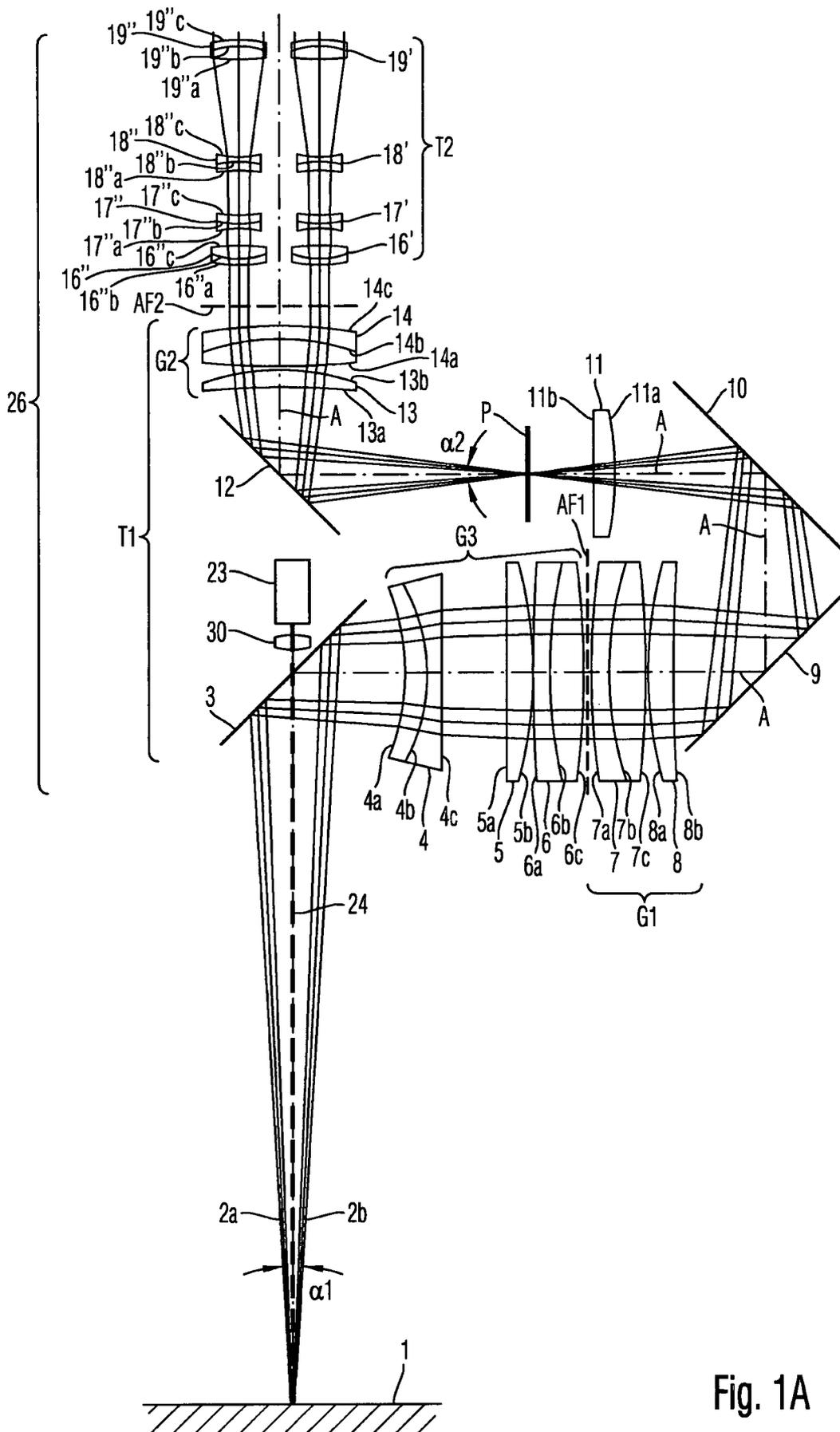


Fig. 1A

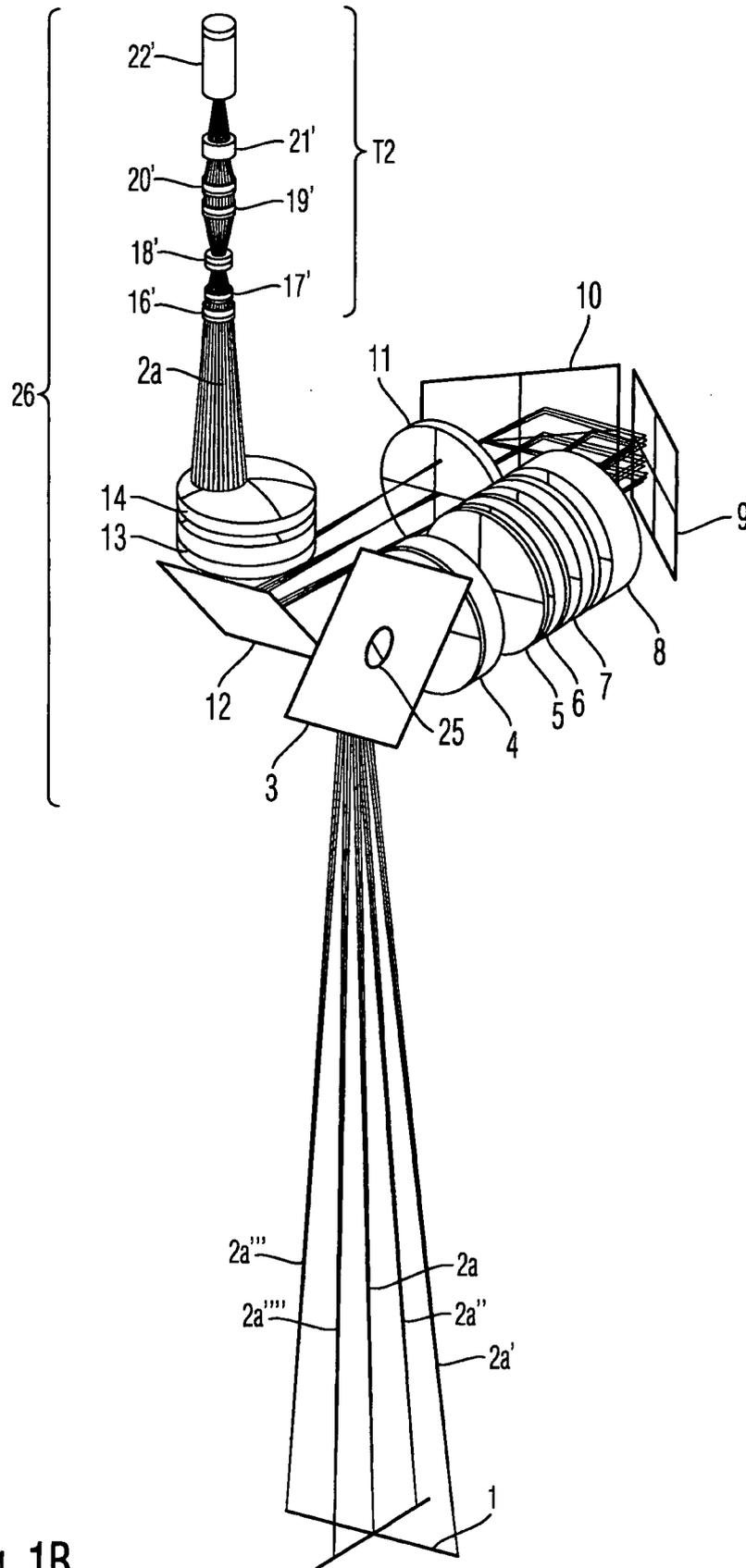


Fig. 1B

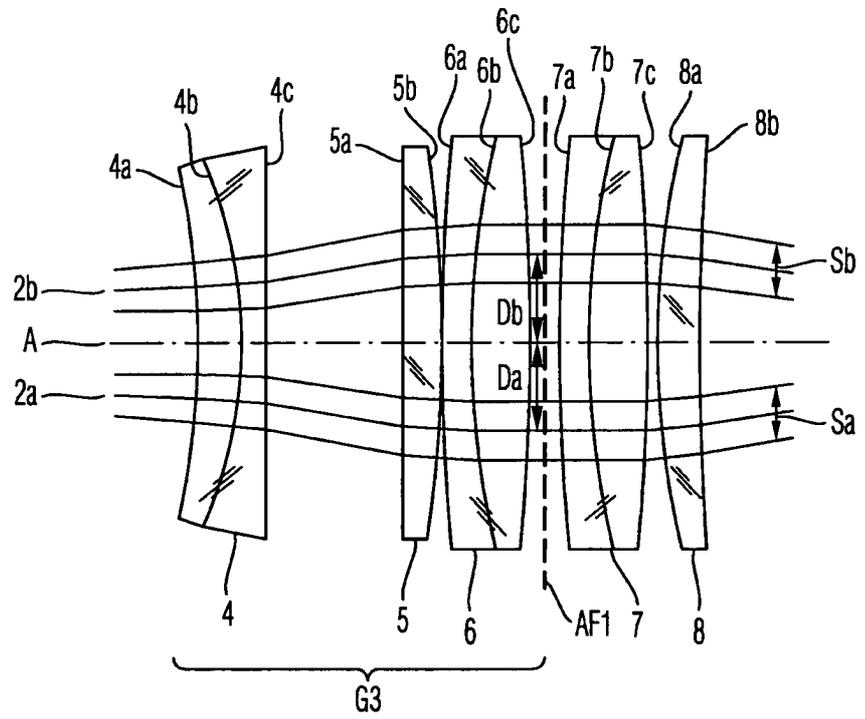


Fig. 2A

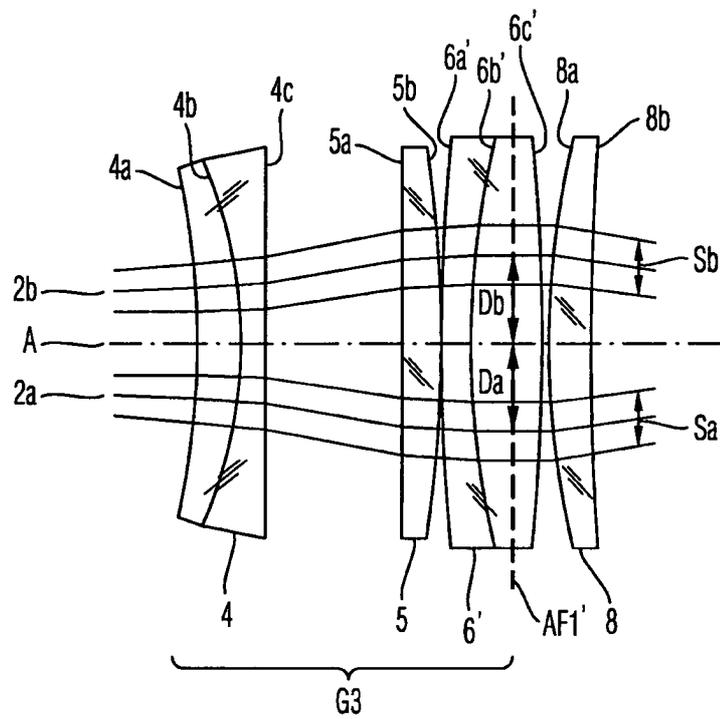


Fig. 2B

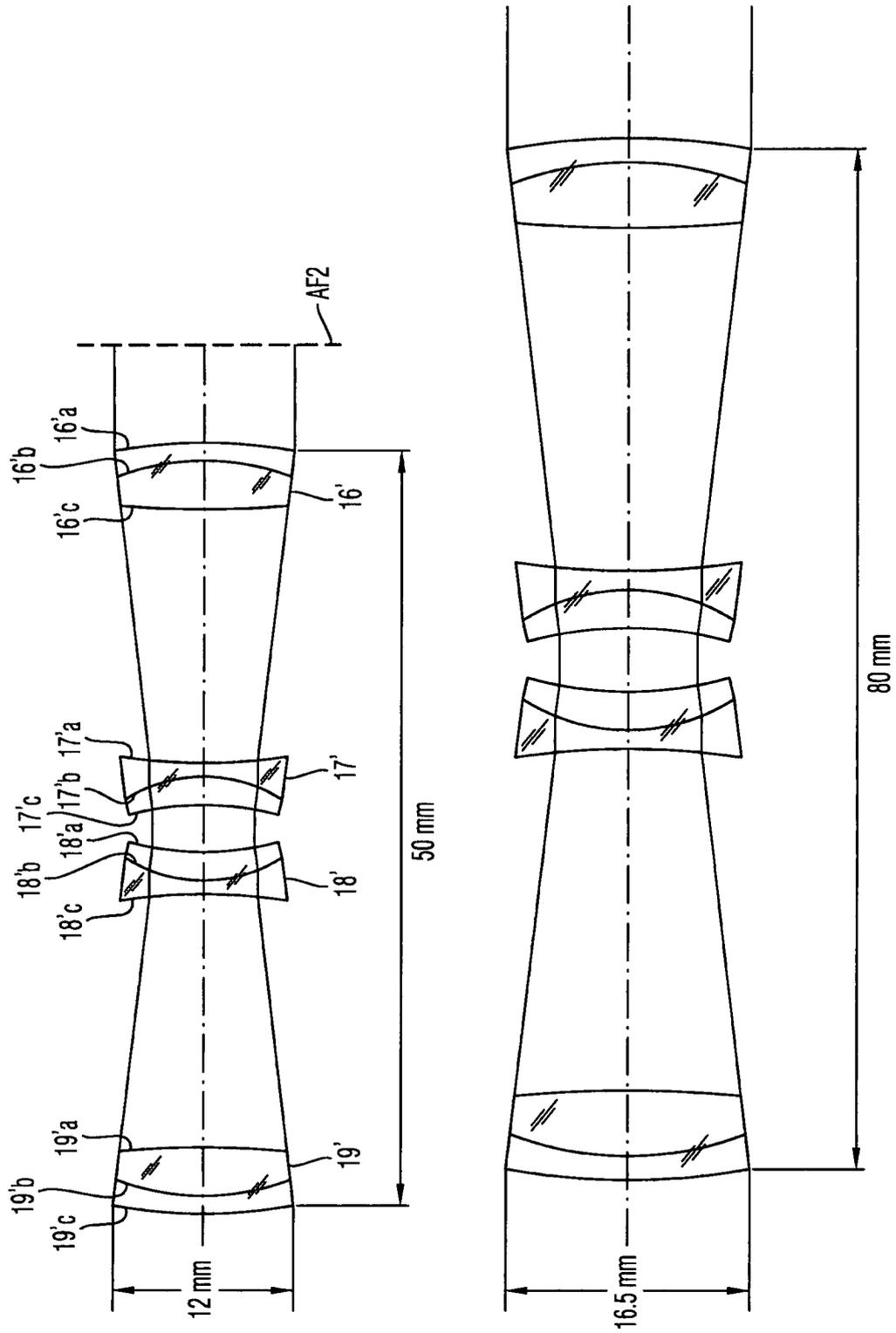


Fig. 3

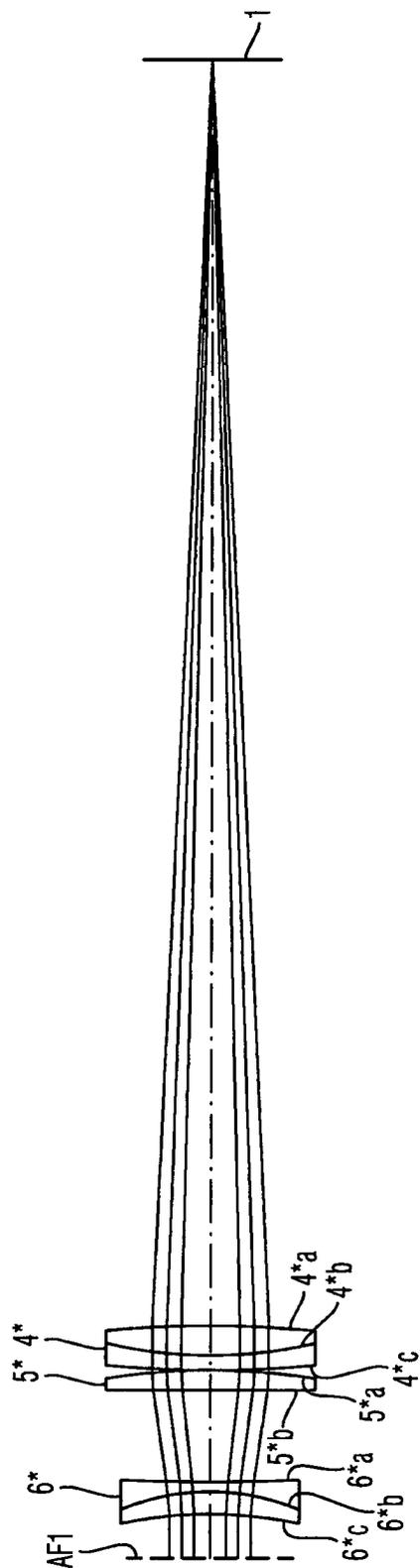


Fig. 4

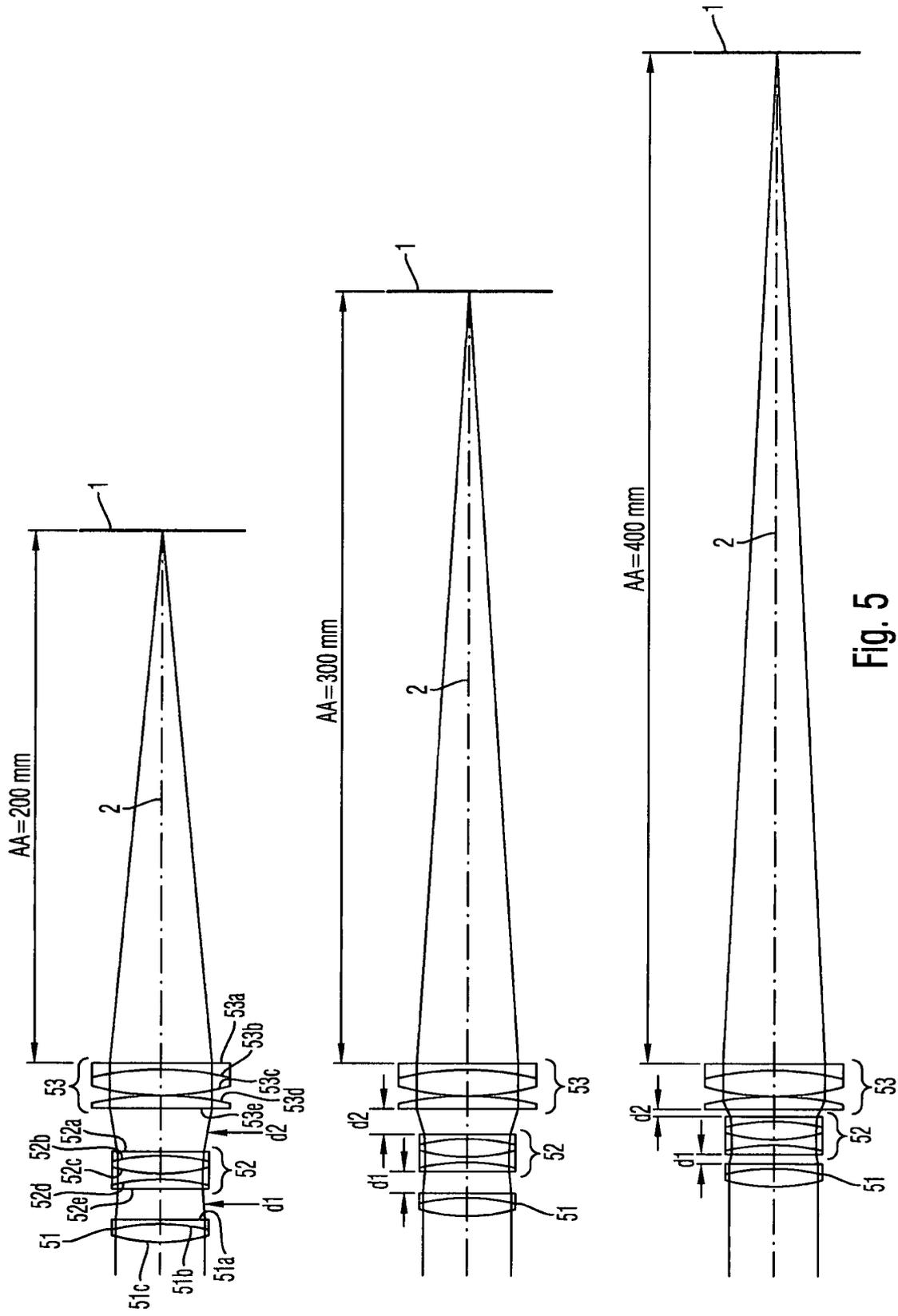


Fig. 5

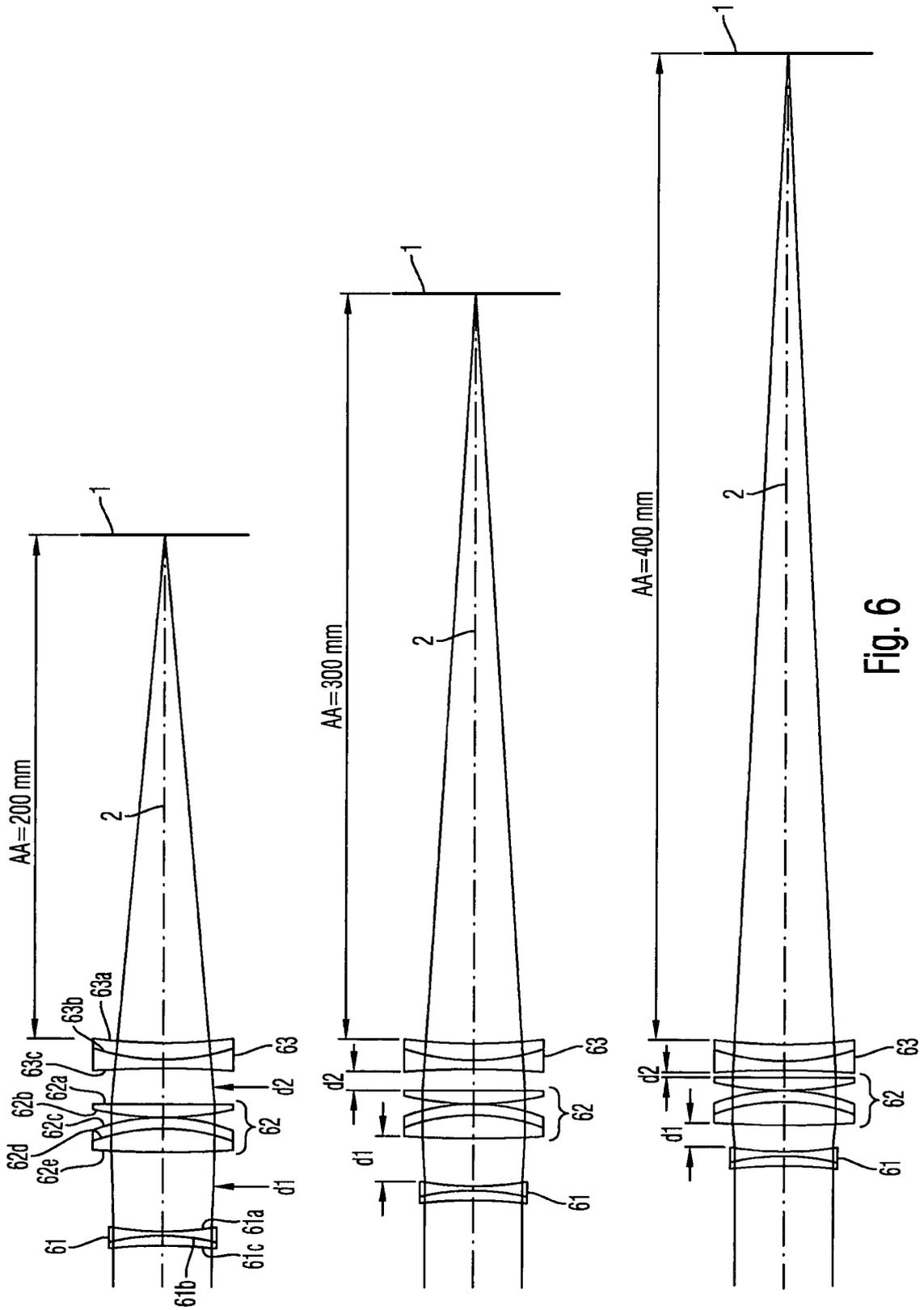


Fig. 6

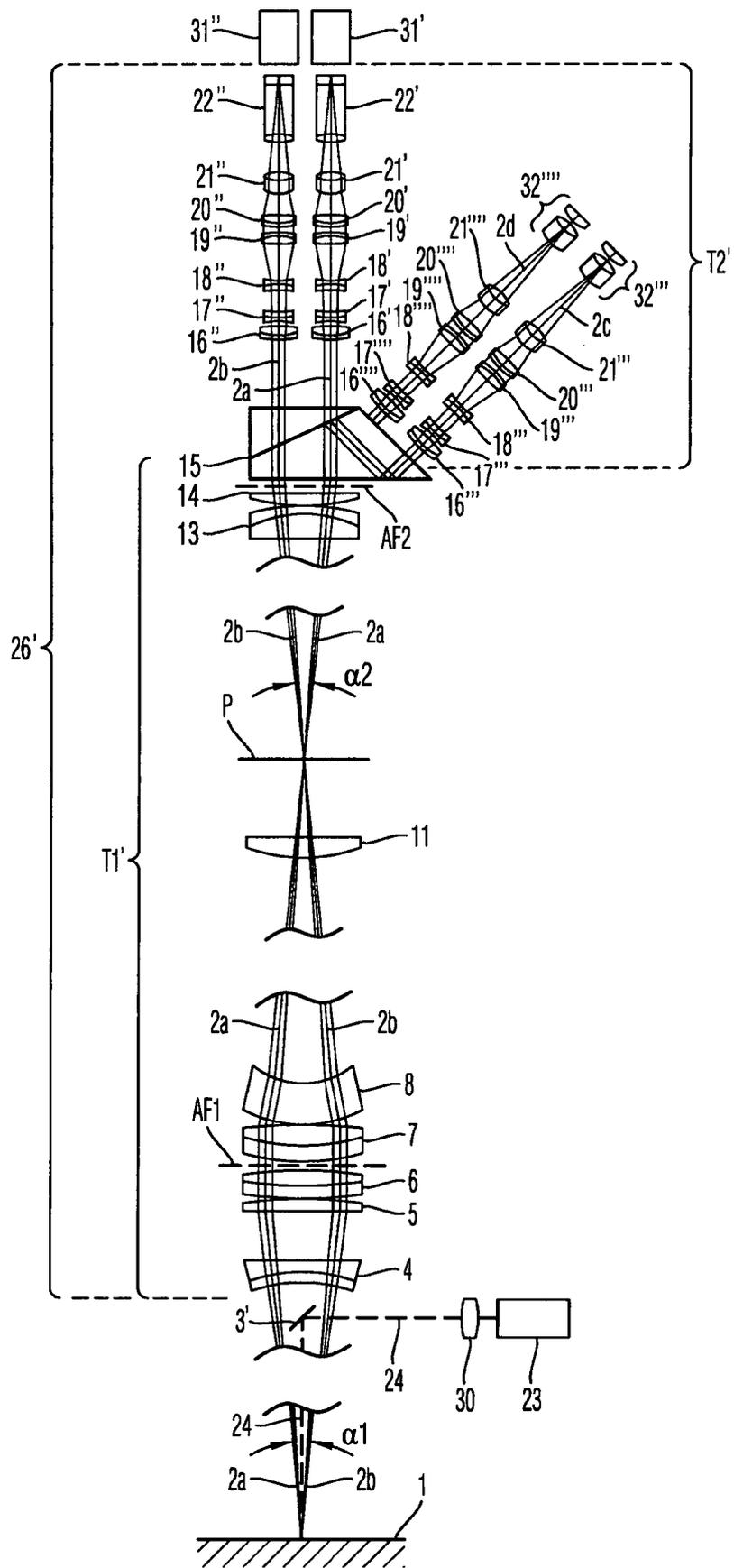


Fig. 7

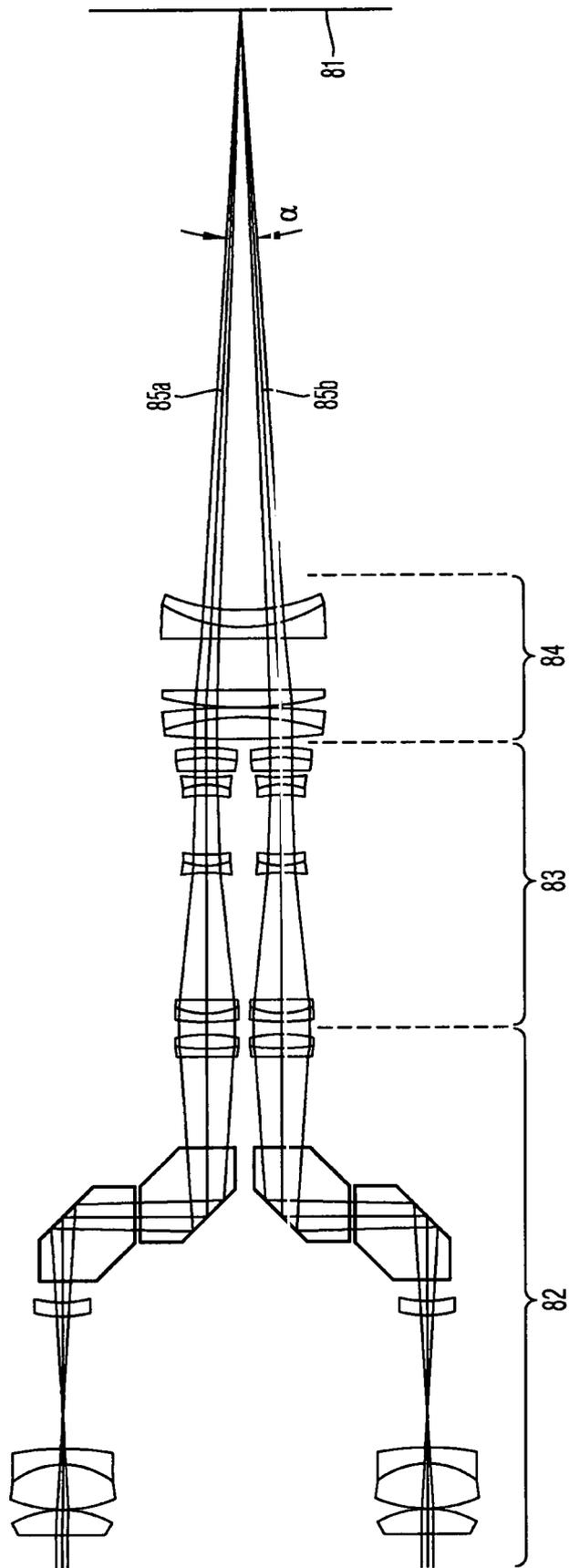


Fig. 8
Stand der Technik