

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 387/2011  
(22) Anmeldetag: 18.03.2011  
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2013

(51) Int. Cl. : **A61C 19/04** (2006.01)  
**G01B 11/25** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 9013454 U1 EP 2295932 A1  
WO 2009063088 A2  
DE 19747061 A1  
WO 2010021972 A1  
WO 199747942 A1

(73) Patentinhaber:  
A.TRON3D GMBH  
9020 KLAGENFURT AM WÖRTHERSEE (AT)  
AIT AUSTRIAN INSTITUTE OF  
TECHNOLOGY GMBH  
1220 WIEN (AT)

### (54) **VORRICHTUNG ZUM AUFNEHMEN VON BILDERN VON DREIDIMENSIONALEN OBJEKTEN**

(57) Eine Vorrichtung zum Aufnehmen von Bildern von dreidimensionalen Objekten (10), insbesondere Zähnen, weist eine Lichtquelle (22) und Kameras (32) zum Aufnehmen von Bildern des Objektes (10) auf, wobei im Strahlengang der Lichtquelle (22) wenigstens ein transparenter Träger (36, 37) mit einem Muster angeordnet ist, das auf das Objekt (10) projiziert wird. Der Träger (36, 37) weist Abschnitte auf, die in Richtung des Strahlengangs zueinander versetzt sind. Alternativ oder zusätzlich können wenigstens zwei Träger (36, 37) in Richtung des Strahlengangs zueinander versetzt sein.

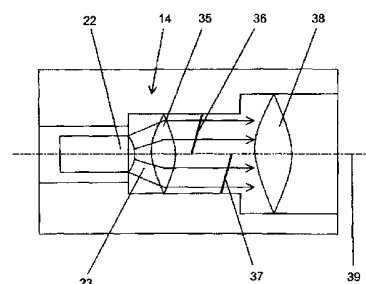


Fig. 9

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Aufnehmen von Bildern von dreidimensionalen Objekten, insbesondere Zähnen, mit einer Lichtquelle, wobei im Strahlengang der Lichtquelle wenigstens ein transparenter Träger mit einem Muster angeordnet ist, das auf das Objekt projiziert wird, sowie mit zwei Kameras mit einander überschneidenden Aufnahmebereichen, welche Bilder des Objektes aus unterschiedlichen Richtungen aufnehmen.

**[0002]** Derartige Vorrichtungen, die beispielsweise aus der AT 508 563 B bekannt sind, werden insbesondere im Bereich der dreidimensionalen Aufnahme von Zähnen verwendet. Dabei wird ein nach einem Zufallsprinzip angeordnetes Muster auf das Objekt projiziert, wobei im Strahlengang der Lichtquelle ein transparenter Träger, z.B. ein Dia, mit dem Muster angeordnet ist. Der Anwendungsbereich erstreckt sich dabei auf die Aufnahme von digitalen Zahn- und Kieferabdrücken, die Hilfestellung bei der Diagnose, die Überwachung von Zahnbehandlungen sowie die zuverlässige Kontrolle von eingesetzten Implantaten. Neben weiteren Einsatzgebieten im Bereich der Medizin- und Industrietechnik, beispielsweise im Bereich der Endoskopie, können generell Objekte stereometrisch vermessen werden, die schwer zugänglich sind.

**[0003]** Probleme bestehen hierbei zum einen in der erforderlichen Miniaturisierung der Projektions- und Aufnahmeeinheit und zum anderen in den hohen Anforderungen an die Qualität der Aufnahmen. Insbesondere im Bereich der Zahnheilkunde sind oft Abmessungen von etwa 0,1-0,2mm relevant, sodass eine Auflösung von im Bereich von etwa 0,01-0,04mm erforderlich ist, um sämtliche Details der abzubildenden Gegenstände mit hinreichender Auflösung zu erfassen.

**[0004]** Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, die eine präzise Aufnahme dreidimensionaler Objekte, wie Zähne, ermöglicht.

**[0005]** Gelöst wird diese Aufgabe bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art dadurch, dass der Träger Abschnitte aufweist, die in Richtung des Strahlengangs zueinander versetzt sind.

**[0006]** Gelöst wird diese Aufgabe bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art auch dadurch, dass wenigstens zwei Träger in Richtung des Strahlengangs zueinander versetzt sind.

**[0007]** Wenn Teile des Lichtbündels mit dem Muster bis zum abzubildenden Objekt unterschiedlich lange Wege zurücklegen, beispielsweise weil die optische Mittelachse des Projektors zur optischen Mittelachse der Kameras geneigt ist oder weil Lichtbündel über unterschiedliche Spiegel zum Objekt gerichtet werden, können bei der Projektion des auf einem Träger vorhandenen Musters auf das Objekt Unschärfen der Projektion des Musters entstehen. Dies führt zu Ungenauigkeiten der Messung.

**[0008]** Diese Abweichung kann erfindungsgemäß dadurch kompensiert werden, dass entweder einzelne Abschnitte eines Trägers oder zwei oder mehr Träger in Richtung des Strahlengangs zueinander versetzt sind. Auf diese Weise kann die Länge des Wegs, den das Licht mit dem Muster vom Träger bis zum Objekt zurücklegt, wieder für das gesamte Lichtbündel vereinheitlicht und somit Unschärfen verringert werden.

**[0009]** Die erfindungsgemäße Anordnung von Trägern ist insbesondere dann von Vorteil, wenn wenigstens zwei Spiegel jeweils ein Lichtbündel von der Lichtquelle aus unterschiedlichen Richtungen auf das Objekt reflektieren und im Strahlengang jedes Lichtbündels ein Abschnitt eines Trägers oder jeweils ein eigener Träger liegt, da sich bei zwei Spiegeln häufig unterschiedliche Weglängen des Lichts nicht vermeiden lassen.

**[0010]** Auf der anderen Seite ist die Verwendung von zwei Spiegeln aber besonders vorteilhaft, da durch die beiden Spiegel, welche Licht von der Lichtquelle aus unterschiedlichen Richtungen auf das Objekt reflektieren, eine bessere Beleuchtung der Objekte ermöglichen lässt bzw. eine einseitige, schräge Beleuchtung des Bildfeldes am Objekt bzw. Zahn, das unter Umständen z.B. in einem Kantenbereich vom Objekt selbst oder benachbarten Objekten partiell abgeschattet wird, weitgehend vermieden werden kann, wodurch Bereiche wie z.B. der letzte Backenzahn

auch an der Rückseite gut ausgeleuchtet und aufgenommen bzw. in weiterer Folge vermessen werden können.

**[0011]** Eine besonders gute Ausleuchtung des Objektes für eine Bildaufnahme ist dann möglich, wenn, von der Lichtquelle aus betrachtet, ein erster Spiegel hinter einem Objektiv der Kamera und ein zweiter Spiegel vor dem Objektiv liegt. Auf diese Weise wird das Objekt von zwei bezüglich der Kamera gegenüber liegenden Seiten beleuchtet, sodass eine Beschattung des Bildfeldes am Objekt zuverlässig vermieden werden kann.

**[0012]** Da eine dreidimensionale Bildaufnahme und in weiterer Folge Vermessung eines Objektes erfolgen soll, sind bei der Erfindung zwei Kameras vorgesehen, welche Bilder aus unterschiedlichen Richtungen aufnehmen. Aus dem Stand der Technik, beispielsweise der AT 508 563 B, sind bereits eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Vermessen von Objekten wie Zähnen bekannt, welche dreidimensionale Bilder liefern. Diese aber auch andere bekannte Vorrichtungen und Verfahren können bei der vorliegenden Erfindung zum Einsatz kommen, um dreidimensionale Bilder zu erzeugen.

**[0013]** Demgemäß können bei der Erfindung zwei Kameras vorgesehen sein, welche Bilder aus unterschiedlichen Richtungen aufnehmen, wobei bevorzugt ist, wenn die Kameras, von der Lichtquelle aus betrachtet, nebeneinander liegen.

**[0014]** Wenn bei einer Ausführungsform der Erfindung die optischen Achsen der Spiegel in einer Ebene liegen und die Objektive der Kameras symmetrisch zu der Ebene liegen, in denen die optischen Achsen der Spiegel liegen, dann ist durch diese symmetrische Anordnung eine besonders zuverlässige Ausleuchtung bzw. Bildprojektion und Bildaufnahme möglich, die zu sehr präzisen dreidimensionalen Bildern führt, da bei der Vermessung von Kantenbereichen (z.B. Schneidezähne) keine Fehlstellen in den Punktwolken auf dem Objekt entstehen, welche die Aufnahme und Registrierung der Geometrie des Objekts in diesem Bereich erschweren oder unmöglich machen würde. Außerdem ermöglicht diese Anordnung eine sehr kompakte, insbesondere schlanke Bauweise.

**[0015]** Weitere bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der übrigen Unteransprüche.

**[0016]** Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die angeschlossenen Zeichnungen.

**[0017]** Es zeigt:

**[0018]** Fig. 1 eine Ausführungsform eines Handstücks für die Erfindung von der Seite,

**[0019]** Fig. 2 das Handstück von Fig. 1 in Draufsicht,

**[0020]** Fig. 3 das Handstück von Fig. 1 von vorne

**[0021]** Fig. 4 das Handstück der Fig. 1 bis 3 im Schrägriss,

**[0022]** Fig. 5 eine teilweise Explosionsdarstellung einer Ausführungsform der Erfindung,

**[0023]** Fig. 6 einen Längsschnitt durch die Ausführungsform von Fig. 5,

**[0024]** Fig. 7 ein Detail von Fig. 6,

**[0025]** Fig. 8 einen Schnitt durch die Vorrichtung entlang der Linie VIII-VIII und

**[0026]** Fig. 9 ein Detail einer Ausführungsform eines Projektors.

**[0027]** In den Zeichnungen ist eine bevorzugte Ausführungsform einer Vorrichtung 1 zur dreidimensionalen Aufnahme von Objekten 10, insbesondere Zähnen dargestellt, die einen Aufnahmebereich 2 und einen Griffbereich 3 aufweist. Zwischen Aufnahmebereich 2 und Griffbereich 3 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel ein Mittelbereich 5 angeordnet. Da der Mittelbereich 5 kleinere Außenabmaße aufweist als der Aufnahmebereich 2, weist der Aufnahmebereich 2 einen im Wesentlichen konischen Übergangsbereich 6 zum Mittelbereich 5 hinauf. Am

vorderen Ende 4 ist der Aufnahmebereich 2 abgerundet.

**[0028]** Der Aufnahmebereich 2 weist eine Mittelachse 7 auf, der Griffbereich 3 der Mittelachse 8 und der Mittelbereich 5 eine Mittelachse 9. Der Winkel  $\alpha$  zwischen der Mittelachse 7 und der Mittelachse 8 liegt zwischen  $10^\circ$  und  $40^\circ$ , wobei sich dieser Winkel  $\alpha$  im dargestellten Ausführungsbeispiel (mit einem Mittelbereich 5) in zwei Winkel  $\beta$  und  $\gamma$  aufteilt, wobei der Winkel  $\beta$  zwischen der Mittelachse 7 des Aufnahmeteils 2 und der Mittelachse 9 des Mittelbereichs 5 liegt und der Winkel  $\gamma$  zwischen der Mittelachse 9 des Mittelbereichs 5 und der Mittelachse 8 des Griffteils 3 liegt. Der Winkel  $\beta$  liegt bevorzugt zwischen  $3^\circ$  und  $15^\circ$  und der Winkel  $\gamma$  zwischen  $7^\circ$  und  $25^\circ$ . Die Länge des Aufnahmebereichs liegt zwischen 10 und 60 mm, da innerhalb dieser Grenzen sowohl eine gute Handhabbarkeit des Handstücks 1 als auch ausreichend Raum zum Unterbringen der Projektions- und/oder Aufnahmetechnik vorhanden ist.

**[0029]** An seiner dem aufzunehmendem Objekt 10 zugewandten Seite 11 ist im Aufnahmeteil 2 eine Öffnung 12 (Fig. 5) angeordnet, die von einer Scheibe 13 verschlossen ist. Durch diese Scheibe 13 können mit einem Projektor 14 Licht, insbesondere ein Zufallsmuster, auf das Objekt 10 gerichtet und mit einem Kamerasystem 15 Bilder des Objektes 10 aufgenommen werden. Der Aufnahmebereich 2 ist somit gegenüber dem Griffbereich 3 um einen Winkel  $\alpha$  zwischen  $10^\circ$  und  $40^\circ$  entgegen der Projektionsrichtung nach hinten geneigt.

**[0030]** In den Fig. 5 bis 8 ist eine Ausführungsform der Erfindung dargestellt, bei welcher der Projektor 14 mit einer Lichtquelle ein Lichtbündel 23 abstrahlt. Das Lichtbündel 23 tritt durch einen oder mehrere in Fig. 9 dargestellte transparente Träger 36, 37, beispielsweise Dias, auf denen ein nach einem Zufallsprinzip angeordnetes Muster angeordnet ist. Das Muster besteht bevorzugt aus im Wesentlichen zufällig verteilten, gegebenenfalls unregelmäßig geformten Punkten und/oder Linien, die in weiterer Folge auf das Objekt 10, beispielsweise einen Zahn, projiziert werden.

**[0031]** Im Strahlengang des Lichtbündels 23 liegt ein Umlenkspiegel 26, der einen Teil 23a des Lichtbündels 23, im Ausführungsbeispiel von Fig. 7 den untersten Teil, auf einen ersten Spiegel 27 umlenkt, der in weiterer Folge das Licht auf das Objekt 10 richtet. Ein weiterer Teil 23b des Lichtbündels 23, im Ausführungsbeispiel von Fig. 7 der mittlere Teil, trifft direkt auf einen zweiten Spiegel 28, von dem das Licht ebenfalls auf das Objekt 10 gerichtet wird.

**[0032]** Der Umlenkspiegel 26 ist bevorzugt ein ebener Spiegel, könnte bei Bedarf aber auch ein konvex oder konkav gekrümmter Spiegel sein. Die beiden Spiegel 27 und 28 sind bevorzugt zweiachsig konvex gekrümmte Spiegel mit gleichen oder unterschiedlichen Krümmungsradien in den beiden Achsen, mit denen der jeweilige Anteil des Strahlenbündels 23 je nach Bedarf stärker gestreut werden kann.

**[0033]** Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Anordnung und Krümmung des Umlenkspiegels 26 und des ersten Spiegels 27 so gewählt, dass der Teil 23a des Lichtbündels 23 in der Bildebene der Zeichnung einen Öffnungswinkel  $\delta$  von etwa  $30^\circ$  hat. Die Anordnung und Krümmung des zweiten Spiegels 28 ist beispielhaft so gewählt, dass der Teil 23b des Lichtbündels 23 in der Bildebene der Zeichnung einen Öffnungswinkel  $\epsilon$  von etwa  $25^\circ$  hat. Der Öffnungswinkel der Teile 23a, 23b des Lichtbündels 23 in Richtung normal zur Bildebene der Zeichnung kann durch geeignete Krümmung der Spiegel 27, 28 je nach Anforderung gleich oder unterschiedlich zum jeweiligen in der Bildebene liegenden Öffnungswinkel  $\delta$ ,  $\epsilon$  sein.

**[0034]** Durch die in Fig. 7 beispielhaft gewählte Anordnung der Spiegel 27, 28 sind deren optische Achsen 29, 30 so zueinander geneigt, dass die Lichtbündelteile 23a, 23b aus unterschiedlichen Richtungen auf das Objekt 10 treffen.

**[0035]** In Projektionsrichtung des Projektors 14 gesehen zwischen den beiden Spiegeln 27, 28, im dargestellten Ausführungsbeispiel etwas näher dem zweiten Spiegel 28, ist ein Kamerasystem 15 angeordnet, das im dargestellten Ausführungsbeispiel aus zwei Kameras 32 besteht, welche stereoskopische Bilder zur dreidimensionalen Vermessung des Objektes 10 aufnehmen, indem sie mit einander überschneidenden Aufnahmebereichen Bilder aus unterschiedlichen Richtungen aufnehmen. Die beiden optischen Achsen 29, 30 der Spiegel 27, 28 spannen eine

Ebene  $\omega$  auf, wobei die beiden Kameras 32, genauer gesagt deren Objektive 33, symmetrisch zu beiden Seiten dieser Ebene  $\omega$  liegen.

**[0036]** Durch diese bevorzugte Anordnung liegt das Kamerasystem 15 mit den Spiegeln 26, 27 bzw. deren optischen Achsen 29, 30 in einer Ebene  $\omega$ , was eine sehr präzise Bildaufnahme und damit Vermessung des Objekts ermöglicht. Durch die Projektion der Lichtbündelteile 23a, 23b durch Spiegel 26, 27, die zu beiden Seiten des Kamerasystems 15 liegen, erfolgt auch eine Ausleuchtung bzw. Projektion des Zufallsmusters auf das Objekt 10 von zwei Seiten in dieser Ebene  $\omega$ , wodurch - aus Sicht des Kamerasystems 15 betrachtet - Schatten oder Fehlstellen auf dem Objekt 10, die beispielsweise bei Backenzähnen oder Schneidezähnen auftreten können, sehr zuverlässig vermieden werden können.

**[0037]** Grundsätzlich wäre es ebenso möglich, die Spiegel - vom Projektor 14 aus betrachtet - neben den beiden Kameras 32 zu positionieren und gegebenenfalls die beiden Kameras 32 um  $90^\circ$  zu drehen, sodass sie beide in die Ebene  $\omega$  liegen. Es sind auch mehr als zwei Spiegel, sowohl vor und/oder hinter als auch seitlich der Kameras 32 denkbar, um eine möglichst gute Ausleuchtung bzw. Musterprojektion auf dem Objekt 10 zu erhalten.

**[0038]** Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist im Bereich über dem Umlenkspiegel 26 eine Blende 34 angeordnet, die einen dritten Teil 23c des Lichtbündels 23 blockiert, damit dieser keine unerwünschten Reflexionen in der Optik 33 der Kameras 32 verursacht. Je nach Anordnung der Spiegel 26, 27, 28 und der Objektive 33 kann die Blende 34 auch weg gelassen oder anders angeordnet oder geformt sein.

**[0039]** Alle Spiegel 26, 27, 28, die Blende 34 sowie gegebenenfalls auch das Kamerasystem 15 können einstellbar an entsprechenden Halterungen 31 befestigt sein, damit bei Bedarf eine einfache Einstellung und/oder Kalibrierung der einzelnen Komponenten möglich ist. Außerdem können alle oder auch nur ein Teil der vorstehend beschriebenen Komponenten auf einem Trägersystem befestigt und voreingestellt sein, das anschließend in ein Aufnahmegerät eingesetzt werden kann. Das Gehäuse der Vorrichtung 1 besteht vorzugsweise aus zwei Gehäusenhälften 16, 17, die spiegelsymmetrisch ausgeführt sind, wodurch die Vorrichtung sehr einfach zusammen gebaut werden kann.

**[0040]** Durch die gewählte und in der Zeichnung beispielhaft dargestellte erfindungsgemäße Anordnung ist eine sehr kompakte und schlanke Bauweise möglich, welche beispielsweise sehr gut in ein Handstück zur dreidimensionalen Aufnahme von Zähnen integriert werden kann.

**[0041]** Bevorzugt kommt die in Verbindung mit den Fig. 5 bis 8 beschriebene Anordnung der Spiegel und Kameras bei Handstücken mit einem abgewinkelten Aufnahmebereich 2 und ggf. Mittelbereich 5 zum Einsatz, da durch die Spiegel 26, 27, 28 eine besonders gute Möglichkeit geboten wird, die gesamte Projektions- und Aufnahmetechnik in ein abgewinkeltes Handstück 1 einzubauen, das sehr schlank ist und durch den Knick insbesondere bei Oralscannern besonders gut handhabbar ist.

**[0042]** Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann direkt ab der Außenfläche des Scanner-glases 13 bereits ein optimaler Schärfegrad ohne das Risiko von Schatten oder Fehlstellen erreicht werden, um auch bei Auflage des Scanners auf einem Objekt, z.B. einem Zahn, dieses bereits vermessen werden kann, wogegen bekannte Scanner häufig in einem bestimmten Abstand zu den Zähnen gehalten werden müssen, was den Aufnahmeprozess, im Vergleich zur erfindungsgemäßen Möglichkeit auch direkt auf die Zähne auflegen zu können, signifikant erschwert.

**[0043]** In Fig. 9 ist schematisch eine Ausführungsform der Erfindung dargestellt, bei der zwei transparente Träger 36, 37, beispielsweise zwei Dias, auf denen nach einem Zufallsprinzip angeordnete Muster angeordnet sind, im Strahlengang eines Lichtbündels 23 liegen, das von einer Lichtquelle 22, beispielsweise einer LED ausgestrahlt wird. Das Muster kann im Wesentlichen aus zufällig verteilten, gegebenenfalls unregelmäßig geformten, Punkten und/oder Linien bestehen. Das Licht geht in der dargestellten Ausführungsform zuerst durch eine Linse 35, dann durch die beiden Träger 36, 37, und in weiterer Folge durch ein symbolisch durch eine

Linse 38 dargestelltes weiteres Linsensystem, das zur Ausrichtung des Projektionsstrahles 23 und zur Schärfeneinstellung dient.

**[0044]** Der Projektor 14 von Fig. 9 kann beispielsweise bei einer in den Fig. 5 bis 8 dargestellten Vorrichtung eingesetzt werden, bei der das Lichtbündel 23 über zwei Spiegel 27 und 28 auf ein Objekt 10 gerichtet wird. Da das Licht unterschiedlich lange Wege zurücklegt, je nach dem ob es entweder über den Umlenkspiegel 26 und den Spiegel 27 oder über den Spiegel 28 auf das Objekt 10 trifft, können bei der Projektion des auf einem Träger vorhandenen Musters auf das Objekt 10 Unschärfen der einen oder anderen oder beider Projektionen entstehen.

**[0045]** Durch die Verwendung von zwei Trägern 36, 37 kann darauf Rücksicht genommen und können Unschärfen individuell ausgeglichen werden. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass die beiden Träger 36, 37 in Ausbreitungsrichtung des Lichts zueinander versetzt sind. Damit liegt z.B. der Träger 36, der im Strahlengang des Lichtbündels 23b des Spiegels 28 liegt, weiter hinten bzw. weiter von der Linse 38 bzw. einem nachfolgenden Linsensystem entfernt als der Träger 37, der im Strahlengang des Lichtbündels 23a des Spiegels 27 liegt, sodass insgesamt der Weg des Lichts vom jeweiligen Träger 36, 37 über den/die jeweiligen Spiegel 26, 27, 28 bis zum Objekt 10 wieder ungefähr gleich lang ist. Maßgeblich sind die unterschiedlichen Abstände der Träger 36, 37 zum Linsensystem 38, da diese Abstände die Position und Lage der Schärfenebene im Messraum bestimmen. Wenn die Wegdifferenz über den/die jeweiligen Spiegel 26, 27, 28 bis zum Objekt 10 nicht sehr groß ist, könnte beispielsweise auch nur ein einziger Träger verwendet werden, der entweder stufenweise abgesetzte Abschnitte aufweist oder der zwar eben aber entsprechend stark geneigt ist, um die Wegdifferenz im Mittel zu kompensieren. Als weitere Möglichkeit könnte auch ein einziger Träger verwendet werden, der auf unterschiedlichen Bereichen bzw. Abschnitten jeweils auf der Vorderseite und auf der Rückseite mit einem Muster beschichtet ist. Die Dicke des Trägermaterials bestimmt dann die Abstandsdifferenz.

**[0046]** In Fig. 9 ist eine Schrägstellung der Träger 36, 37 zur Ausbreitungsrichtung des Lichts zu sehen, d.h. dass die Träger 36, 37 nicht exakt im rechten Winkel zu Ausbreitungsrichtung des Lichts liegen. Diese Ausführungsform der Erfindung ist dann von Vorteil, wenn der Projektor 14 bzw. dessen optische Mittelachse 39 wie in der in den Fig. 1 bis 8 dargestellten Ausführungsform in einem Winkel  $\beta$  größer  $0^\circ$  zum Aufnahmebereich 2 ausgerichtet ist, insbesondere die optische Mittelachse 39 nicht im rechten Winkel zur optischen Mittelachse 40 der Kameras 32 ausgerichtet ist. Die Anordnung des Projektors 14 im abgewinkelten Übergangsbereich zwischen dem Aufnahmebereich 2, in dem sich die Kameras 32 befinden, und dem Mittelbereich 5 ist besonders vorteilhaft, da auf diese Weise der Aufnahmebereich 2 relativ kurz gehalten werden kann, was die Handhabung des Handstücks 1 wesentlich verbessert. Durch die Schrägstellung der Träger 36, 37 können durch die Schrägstellung des Projektors 14 verursachte Unschärfen des auf das Objekt 10 projizierten Musters ausgeglichen werden.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Aufnehmen von Bildern von dreidimensionalen Objekten (10), insbesondere Zähnen, mit einer Lichtquelle (22), wobei im Strahlengang der Lichtquelle (22) wenigstens ein transparenter Träger (36, 37) mit einem Muster angeordnet ist, das auf das Objekt (10) projiziert wird, sowie mit zwei Kameras (32) mit einander überschneidenden Aufnahmebereichen, welche Bilder des Objektes (10) aus unterschiedlichen Richtungen aufnehmen **dadurch gekennzeichnet**, dass der Träger (36, 37) Abschnitte aufweist, die in Richtung des Strahlengangs zueinander versetzt sind.
2. Vorrichtung zum Aufnehmen von Bildern von dreidimensionalen Objekten (10), insbesondere Zähnen, mit einer Lichtquelle (22), wobei im Strahlengang der Lichtquelle (22) wenigstens ein transparenter Träger (36, 37) mit einem Muster angeordnet ist, das auf das Objekt (10) projiziert wird, sowie mit zwei Kameras (32) mit einander überschneidenden Aufnahmebereichen, welche Bilder des Objektes (10) aus unterschiedlichen Richtungen

- aufnehmen **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens zwei Träger (36, 37) in Richtung des Strahlengangs zueinander versetzt sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Träger (36, 37) Abschnitte aufweist, die in Richtung des Strahlengangs zueinander versetzt sind.
  4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Träger (36, 37) mit Bezug zur Ausbreitungsrichtung des Lichts in einem Winkel ungleich  $90^\circ$  geneigt ist.
  5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Strahlengang jeweils eines Lichtbündels (23a, 23b) der Lichtquelle (22) ein Abschnitt eines Trägers oder jeweils ein eigener Träger (36, 37) liegt.
  6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens zwei Spiegel (27, 28) jeweils ein Lichtbündel (23a, 23b) von der Lichtquelle (22) aus unterschiedlichen Richtungen auf das Objekt (10) reflektieren und dass im Strahlengang jedes Lichtbündels (23a, 23b) ein Abschnitt eines Trägers oder jeweils ein eigener Träger (36, 37) liegt.
  7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiegel (27, 28) unterschiedlich ausgerichtete optische Achsen (29, 30) aufweisen.
  8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein erster Spiegel (27) indirekt über einen Umlenkspiegel (26) und ein zweiter Spiegel (28) direkt von der Lichtquelle (22) beschienen wird.
  9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Spiegel (27, 28) auf unterschiedlichen Seiten der Kamera (32) liegen.
  10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass, von der Lichtquelle (22) aus betrachtet, ein erster Spiegel (27) vor einem Objektiv (33) der Kamera (32) und ein zweiter Spiegel (28) hinter dem Objektiv (33) liegt.
  11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Objektive (33) der Kameras (32), von der Lichtquelle (22) aus betrachtet, nebeneinander liegen.
  12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optischen Achsen (29, 30) der Spiegel (27, 28) in einer Ebene ( $\omega$ ) liegen.
  13. Vorrichtung nach Anspruch 11 und 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Objektive (33) der Kameras (32) symmetrisch zu der Ebene ( $\omega$ ) liegen, in denen die optischen Achsen (29, 30) der Spiegel (27, 28) liegen.
  14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Muster im Wesentlichen aus zufällig verteilten, gegebenenfalls unregelmäßig geformten, Punkten und/oder Linien besteht.

**Hierzu 4 Blatt Zeichnungen**

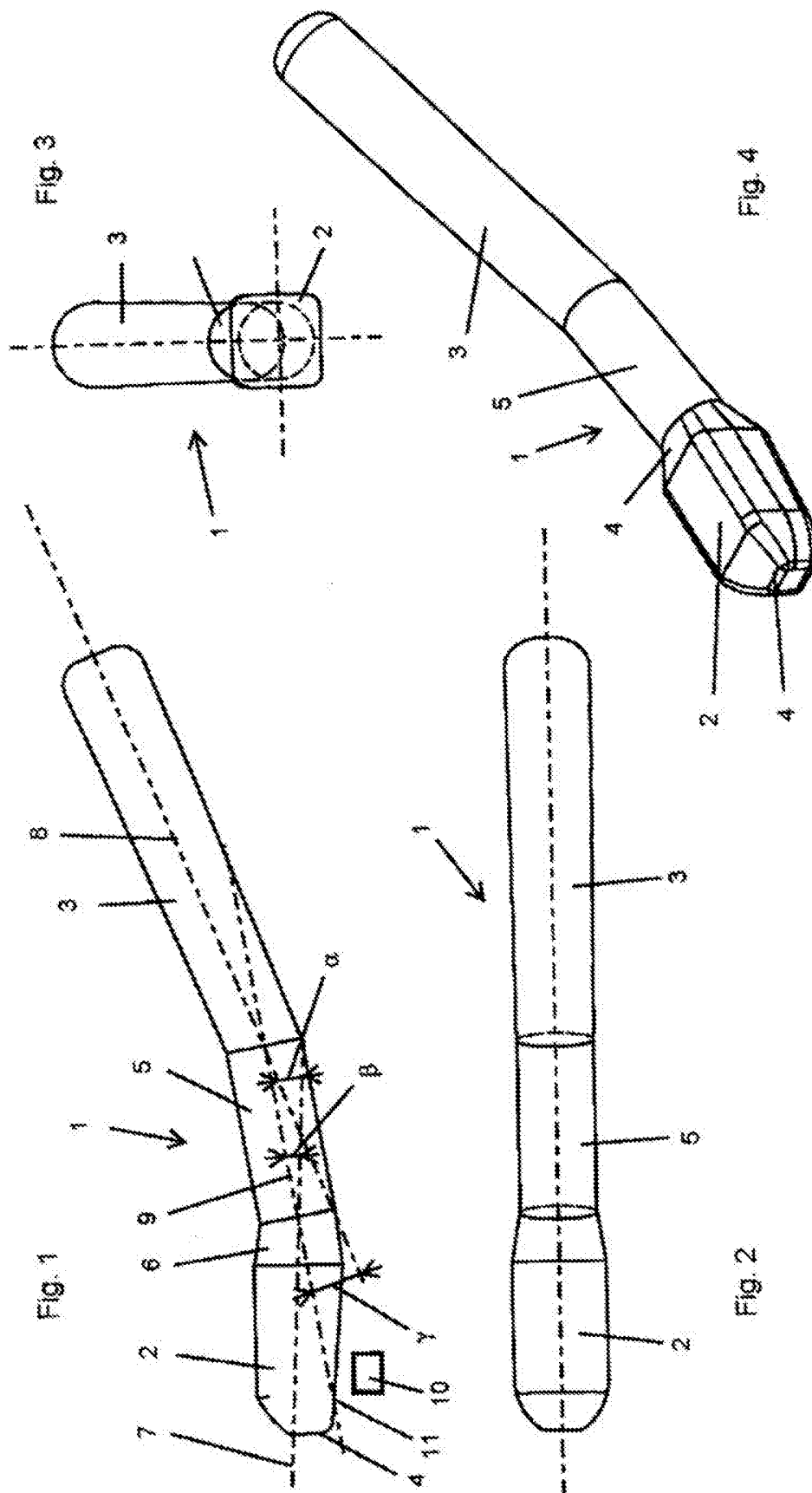


Fig. 6

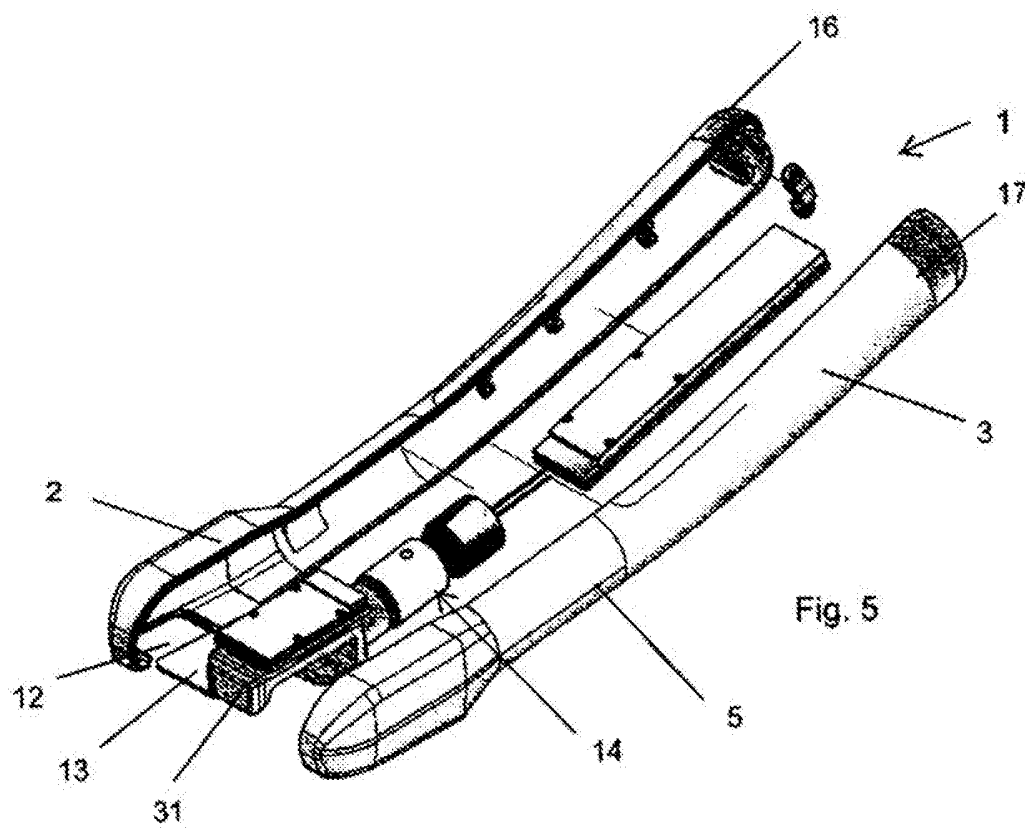
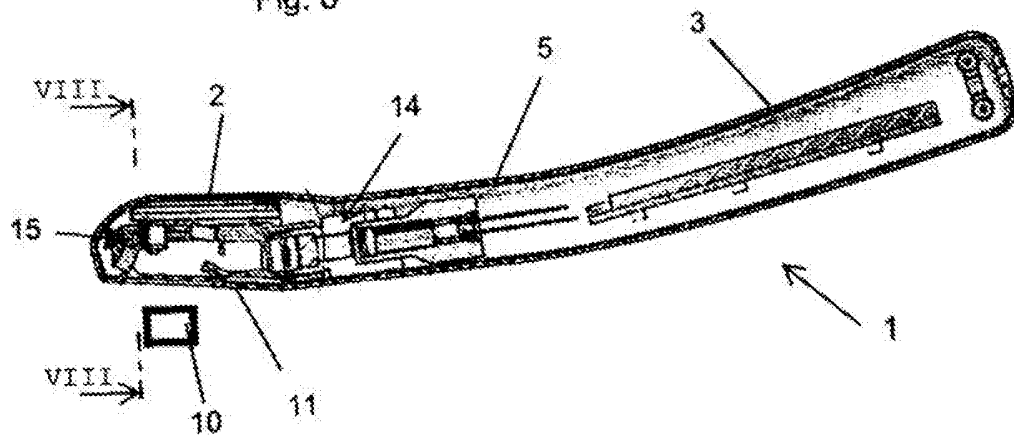


Fig. 5

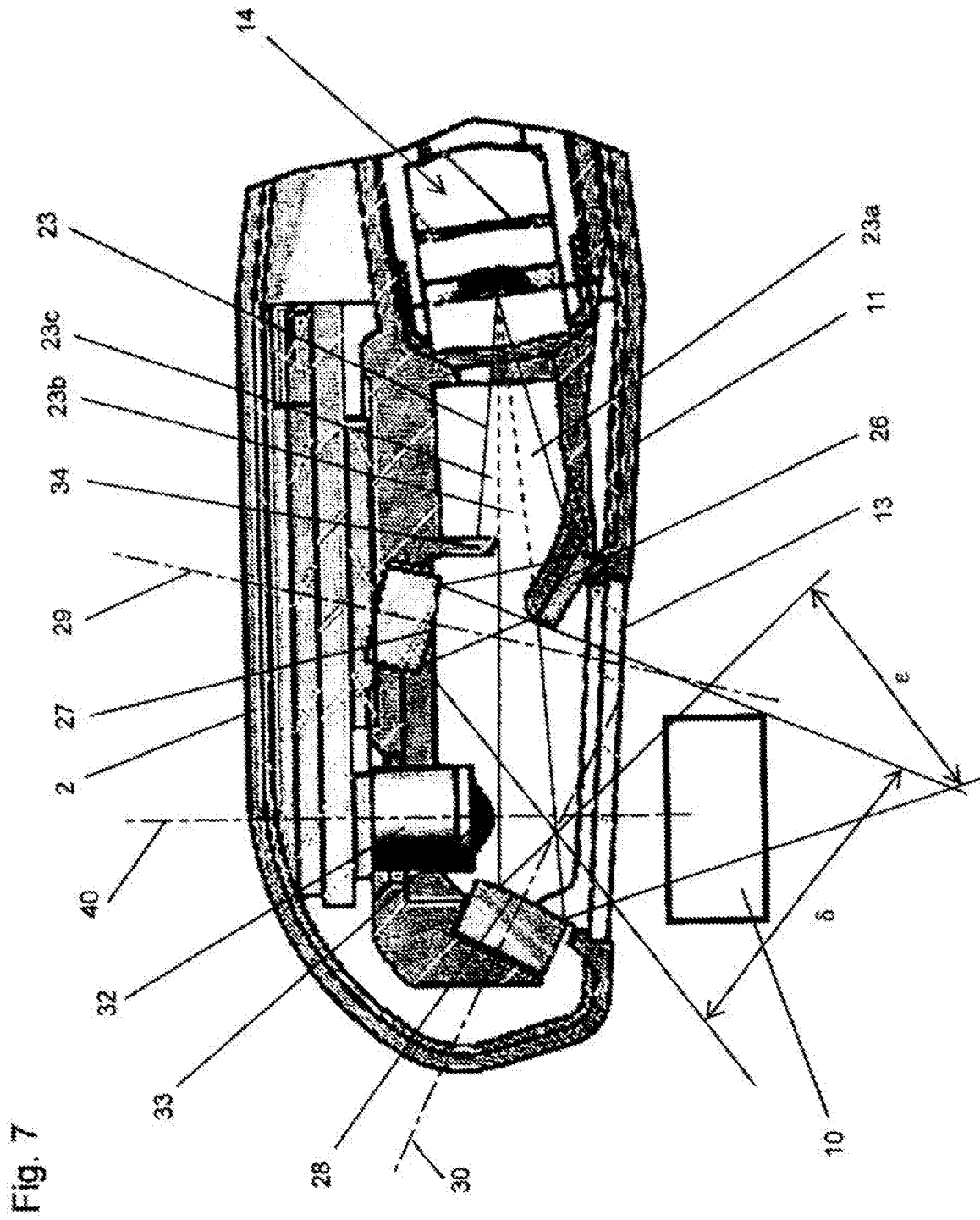


Fig. 8

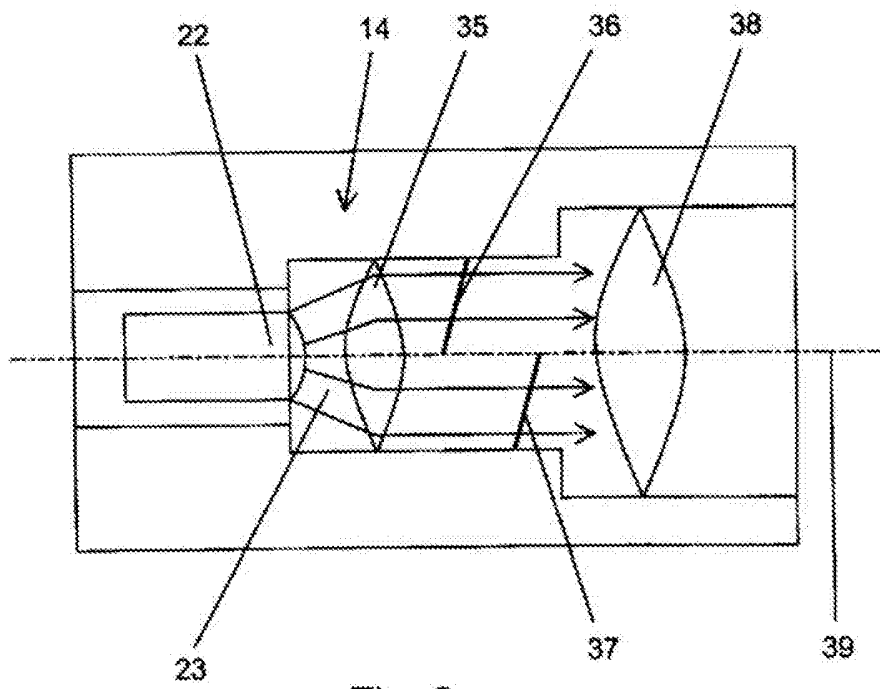
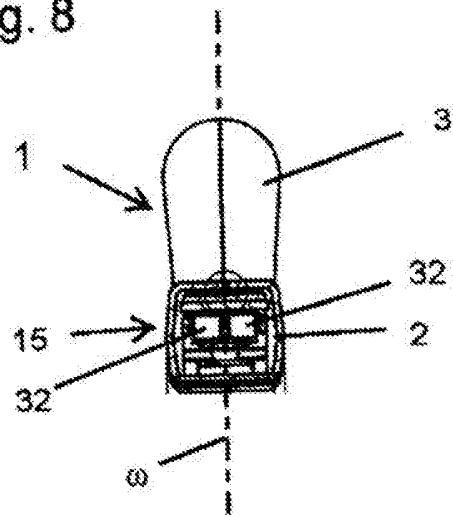


Fig. 9