PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

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

(51) Internationale Patentklassifikation 6 :		(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 98/10243**
G01B 11/24, A61C 19/04	**A1**	(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 12. März 1998 (12.03.98)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE97/01796

(22) Internationales Anmeldedatum: 19. August 1997 (19.08.97)

(30) Prioritätsdaten:
196 36 354.3 2. September 1996 (02.09.96) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: BENDING ART MEDIZINTECHNIK GMBH [DE/DE]; Rungestrasse 9, D-10179 Berlin (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: RUBBERT, Rüdger [DE/DE]; Leonhardyweg 41, D-12101 Berlin (DE).

(74) Anwälte: WEBER, D. usw.; Gustav-Freytag-Strasse 25, Postfach 61 45, D-65051 Wiesbaden (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CN, CU, CZ, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO Patent (GH, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

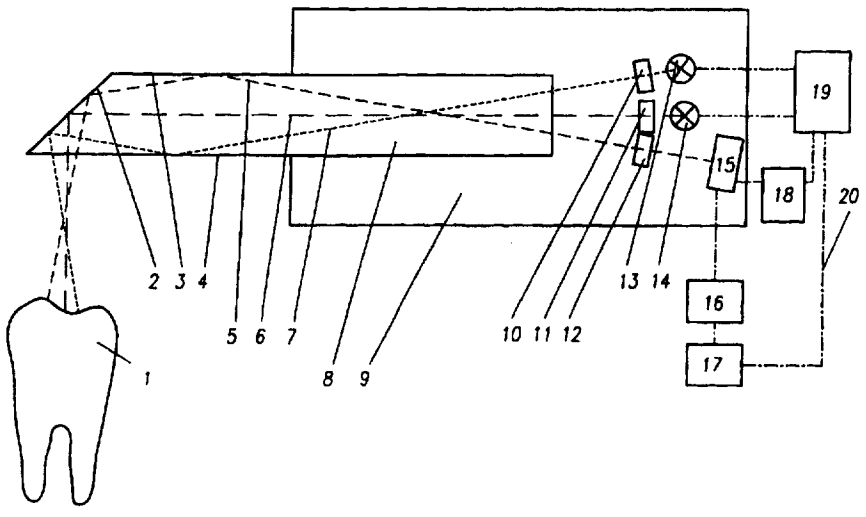
Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: OPTICAL IMAGING METHOD AND DEVICE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG VON OPTISCHEN AUFNAHMEN

(57) Abstract

Disclosed is an optical imaging method and device enabling display and 3D measurement of tridimensional objects (1), whereby at least two individual images are captured one after the other and the effective amount of radiation energy for the image conversion is controlled or regulated differently for these individual images. By employing adustable optical means (10-14) for the illumination of the object or in the optical path for the imaging of the object on the image converter (15) it is possible to acquire a larger amount of visual information on the object observed than that which is available in an individual image due to the limitations imposed by the design of the converter used (15). The invention relates to processes and design forms of the device enabling recording units to be designed, using simply and generally commercial components, which are able to display and measure larger objects (1) despite a reduced field of vision imposed by the design. This is especially useful for diagnosis in invasive applications in the bodies of humans or animals.



(57) Zusammenfassung

Beschrieben wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung von optischen Aufnahmen für die Darstellung und 3D-Vermessung räumlicher Objekte (1), bei dem mindestens zwei Einzelaufnahmen nacheinander erfolgen und für die Einzelaufnahmen die für die Bildwandlung wirksame Menge der Strahlenergie unterschiedlich gesteuert oder geregelt wird. Durch Verwendung stellbarer optischer Mittel (10 bis 14) für die Beleuchtung des Objekts bzw. im Strahlengang zur Abbildung des Objekts auf dem Bildwandler (15) wird die Erfassung eines größeren Umfangs von Bildinformationen über das betrachtete Objekt ermöglicht als aufgrund der bauartbedingten Grenzen des verwendeten Bildwandlers (15) in einem Einzelbild zur Verfügung stehen. Die Erfindung beschreibt Verfahren und Ausführungsformen der Vorrichtung, die es erlauben, unter Verwendung einfacher und zumeist handelsüblicher Komponenten Aufnahmeeinheiten zu konzipieren, die in der Lage sind, trotz eines bauartbedingten reduzierten Sichtfelds größere Objekte (1) darzustellen und zu vermessen. Dies ist insbesondere für die Diagnose bei invasiver Anwendung im menschlichen oder tierischen Körper vorteilhaft.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	**ES**	Spanien	**LS**	Lesotho	**SI**	Slowenien
AM	Armenien	**FI**	Finnland	**LT**	Litauen	**SK**	Slowakei
AT	Österreich	**FR**	Frankreich	**LU**	Luxemburg	**SN**	Senegal
AU	Australien	**GA**	Gabun	**LV**	Lettland	**SZ**	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	**GB**	Vereinigtes Königreich	**MC**	Monaco	**TD**	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	**GE**	Georgien	**MD**	Republik Moldau	**TG**	Togo
BB	Barbados	**GH**	Ghana	**MG**	Madagaskar	**TJ**	Tadschikistan
BE	Belgien	**GN**	Guinea	**MK**	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	**TM**	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	**GR**	Griechenland			**TR**	Türkei
BG	Bulgarien	**HU**	Ungarn	**ML**	Mali	**TT**	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	**IE**	Irland	**MN**	Mongolei	**UA**	Ukraine
BR	Brasilien	**IL**	Israel	**MR**	Mauretanien	**UG**	Uganda
BY	Belarus	**IS**	Island	**MW**	Malawi	**US**	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	**IT**	Italien	**MX**	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	**JP**	Japan	**NE**	Niger	**UZ**	Usbekistan
CG	Kongo	**KE**	Kenia	**NL**	Niederlande	**VN**	Vietnam
CH	Schweiz	**KG**	Kirgisistan	**NO**	Norwegen	**YU**	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	**KP**	Demokratische Volksrepublik Korea	**NZ**	Neuseeland	**ZW**	Zimbabwe
CM	Kamerun			**PL**	Polen		
CN	China	**KR**	Republik Korea	**PT**	Portugal		
CU	Kuba	**KZ**	Kasachstan	**RO**	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	**LC**	St. Lucia	**RU**	Russische Föderation		
DE	Deutschland	**LI**	Liechtenstein	**SD**	Sudan		
DK	Dänemark	**LK**	Sri Lanka	**SE**	Schweden		
EE	Estland	**LR**	Liberia	**SG**	Singapur		

Verfahren und Vorrichtung zur Durchführung von optischen Aufnahmen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Durchführung von optischen Aufnahmen, bei dem mindestens zwei Einzelaufnahmen nacheinander erfolgen und für die Einzelaufnahmen die für die Bildwandlung wirksame Menge der Strahlenergie unterschiedlich gestellt wird. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung für ein solches Verfahren.

Zum Zweck der Darstellung, Dokumentation oder Vermessung bietet der Einsatz von Verfahren, die auf optischer Grundlage arbeiten, eine Vielzahl von Vorteilen. Eine Vermessung kann schnell und berührungslos erfolgen. Zum Stand der Technik gehören elektronische Bildwandler, beispielsweise CCD-Arrays, deren

Ausgangssignale unmittelbar nach einer Digitalisierung gespeichert oder ausgewertet werden können.

Bekannt sind Verfahren und Vorrichtungen zur Darstellung und zur optischen dreidimensionalen Vermessung von räumlichen Oberflächen. Sie basieren auf Triangulationsverfahren, bei denen unter einem bestimmten Winkel Punkt-, Linien- oder beliebige andere Muster auf die betrachtete Oberfläche projiziert werden und die projizierten Muster unter einem anderen Blickwinkel mit einer Optik und einem Bildwandler aufgenommen werden. Die bekannte Geometrie zwischen Projektionsrichtung und Aufnahmerichtung erlaubt die dreidimensionale Berechnung von Stützpunkten der Oberfläche.

Im Bereich der Zahnmedizin ist unter dem Markennamen CEREC beispielsweise ein System zur Herstellung von Keramikinlays bekannt, bei dem zum Vermessen einer Kavität eines Zahns eine optische 3D-Meßvorrichtung verwendet wird.

Für kieferorthopädische Anwendungen wird in der deutschen Patentanmeldung P 42 18 219 eine Intraoral-Stereo-Kamera beschrieben. Diese wird als Teil eines Medizingeräts, das unter dem Markennamen bending art system vertrieben wird, verwendet. Die räumlichen Informationen, die mit Hilfe dieser Kamera aus stereoskopischen Teilaufnahmen des Zahnbogens gewonnen werden, werden nachträglich miteinander kombiniert und zu einer räumlichen Gesamtinformation des Zahnbogens zusammengefügt.

Bei der Anwendung von optischen Verfahren zu Vermessungs- und Dokumentationszwecken treten jedoch immer dann Probleme auf, wenn die zu erfassende Oberfläche ungünstige Reflexionseigenschaften aufweist. Bei Aufnahmen von Zähnen stellt sich beispielsweise gegebenenfalls die Aufgabe, sowohl dunkle und matte Amalgamfüllungen als auch stark reflektierende Goldfüllungen gleichermaßen mit ausreichendem Informationsgehalt zu erfassen. Zudem ist der Dynamikbereich von preiswerten CCD-Arrays eingeschränkt.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, das Verfahren und die Vorrichtung zur Durchführung von optischen Aufnahmen der eingangs beschriebenen Art zu schaffen, die die Erfassung eines größeren Umfangs von Bildinformationen über das betrachtete Objekt ermöglicht, als aufgrund der bauartbedingten Grenzen des mindestens einen verwendeten Bildwandlers in einem Einzelbild zur Verfügung stehen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß bei dem Verfahren dadurch gelöst, daß

a) ein Aufnahmevorgang unter Verwendung mindestens eines flächigen elektronischen Bildwandlers durchgeführt wird, in dessen Verlauf mindestens zwei Einzelbilder gewonnen werden und

b) für die Einzelaufnahmen die für die Bildwandlung wirksame Menge der Strahlenergie unterschiedlich gestellt wird.

Unter "Menge der Strahlenergie" ist **im Sinne dieser Erfindung** das Integral des Produkts aus Wirkungsdauer und Intensität einer Strahlung zu verstehen.

Unter einer Beeinflussung der "für die Bildwandlung wirksamen Menge der Strahlenergie" ist **im Sinne dieser Erfindung** ausschließlich eine gezielte Beeinflussung der für die Bildwandlung wirksamen Menge der Strahlenergie seitens der Einrichtungen der Aufnahmevorrichtung selbst zu verstehen. Daß zusätzlich das zu erfassende Objekt selbst diese für die Bildwandlung wirksame Menge der Strahlenergie wesentlich - auch im Verlauf des Aufnahmevorgangs unterschiedlich - beeinflußt, ist selbstverständlich.

Die für die Einzelaufnahmen wirksame Menge der Strahlenergie kann erfindungsgemäß vorteilhaft in unterschiedlicher Art und Weise verändert werden, indem

a) mindestens eine Strahlquelle in ihrer Intensität und/oder Wirkungsdauer für die Aufnahme der Einzelbilder unterschiedlich gestellt wird;

b) in mindestens einem Strahlengang zwischen einer Strahlquelle und dem zu erfassenden Objekt optische Mittel derart gestellt werden, daß die Intensität und/oder die Wirkungsdauer der Strahlenergie zur Beleuchtung bzw. Durchleuchtung des Objekts für die Aufnahme der Einzelbilder verändert wird;

c) in mindestens einem Strahlengang zwischen dem Objekt und einem Bildwandler optische Mittel derart gestellt werden, daß die Intensität und/oder die Wirkungsdauer der vom Objekt reflektierten bzw. nicht absorbierten Strahlenergie für die Aufnahme der Einzelbilder verändert wird;

d) sogenannte Shutter-Einrichtungen des Bildwandlers derart angesteuert werden, daß die wirksame Zeitdauer der optoelektronischen Wandlung der für die Bildwandlung in den Bildwandler eingebrachten Strahlenergie für die Einzelaufnahmen unterschiedlich gestellt wird.

Eine Strahlquelle **im Sinne dieser Erfindung** ist jeder direkte Erzeuger von Strahlenergie. Darunter fallen unter anderem Einrichtungen zur Erzeugung von Röntgenstrahlen, sichtbarem, infrarotem und ultraviolettem Licht.

Optische Mittel im Strahlengang zwischen Strahlquelle und Objekt bzw. zwischen Objekt und Bildwandler, die es erlauben, die Intensität und/oder die Wirkungsdauer der Strahlenergie zur Beleuchtung/Durchleuchtung des Objektes bzw. zur Bestrahlung des Bildwandlers für die Aufnahme der Einzelbilder unterschiedlich zu stellen, sind **im Sinne dieser Erfindung** optische Mittel, die die Intensität der Strahlenergie - bis auf Randeffekte - für die gesamte Fläche gleichmäßig verändern, also beispielsweise Blenden, mechanische und LCD-Shutter. Optische Mittel, die in veränderlicher Art und Weise Muster auf die Oberfläche des Objektes projizieren, fallen **nicht** unter diese Definition.

Es sind Aufnahmeeinheiten bekannt, in denen Blenden oder auch Shutter-Einrichtungen bei Bildwandlern stellbar ausgeführt werden. Stand der Technik ist es, diese Einrichtungen in automatischen Regelkreisen zur Steuerung der Belichtung in der Weise anzusteuern, daß die Belichtung der Einzelaufnahmen optimiert wird. Der Terminus "für die Einzelaufnahmen unterschiedlich gestellt" bedeutet **im Sinne**

dieser Erfindung, daß die oben genannten Mittel für aufeinanderfolgende Aufnahmen unterschiedlich gestellt werden, um gezielt im Verlauf des Aufnahmevorgangs den Gehalt der Bildinformationen aufeinanderfolgender Einzelaufnahmen zu variieren.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird mindestens eine Strahlquelle für die Einzelaufnahmen in seiner Intensität unterschiedlich gestellt.

Es ist erfindungsgemäß vorteilhaft, zusätzlich oder alternativ zur stellbaren Strahlquelle eine stellbare Blende ggf. mit geeigneter Optik in den optischen Strahlengang einzubringen, die hinsichtlich Öffnungszeit und/oder Brennweite für die Einzelaufnahmen unterschiedlich gestellt werden kann. Diese Blende kann gleichermaßen vorteilhaft im optischen Strahlengang zwischen einer Strahlquelle und dem Objekt oder zwischen dem Objekt und dem Bildwandler angeordnet sein.

Alternativ kann erfindungsgemäß vorteilhaft anstelle der Blende beispielsweise ein mechanischer Shutter oder eine LCD-Einrichtung angeordnet werden, die für die Einzelbilder unterschiedlich gestellt werden können. Die LCD-Einrichtung kann erfindungsgemäß vorteilhaft flächig durchlässig, teilweise durchlässig oder auch undurchlässig gestellt werden.

Zum Stand der Technik gehören sogenannte elektronische Shutter-Einrichtungen von CCD-Bildwandlern, mit deren Hilfe die Taktzeit für das Shiften der Ladungen aus den für die Belichtung vorgesehenen Bereichen des CCD-Arrays in optisch abgedeckte Bereiche derart gewählt werden kann, daß die Integrationszeit des Bildwandlers und damit die Helligkeit des aufgenommen Bildes verändert werden kann. Entsprechend ist es erfindungsgemäß vorteilhaft, mittels geeigneter Ansteuerung dieser Einrichtung, die für die Bildwandlung wirksame Menge der Strahlenergie für die Einzelbilder unterschiedlich zu stellen.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß die gewonnenen Einzelbildinformationen digitalisiert werden und die digitalisierten Daten einer Einrichtung für die elektronische Datenverarbeitung zur Verfügung gestellt werden.

Einige handelsübliche CCD-Arrays werden beispielsweise mit einer Bildwechselfrequenz von 50Hz betrieben, es werden also fünfzig Aufnahmen pro Sekunde vorgenommen. Es ist Stand der Technik, mittels elektronischer Datenverarbeitung die erhaltenen Bilder zu speichern und zu verarbeiten. Beispielsweise sind sogenannte "Frame-Grabber" preisgünstig als Steckkarten für Arbeitsplatzcomputer erhältlich, die ein Videosignal direkt digitalisieren, in ein geeignetes Datenformat umwandeln und dem Computer als Daten in dessen Hauptspeicher zur Verfügung stellen. Diese Verarbeitung kann in Echtzeit erfolgen.

Wenn nun in erfindungsgemäß vorteilhafter Art und Weise unter Zugrundelegung der vorstehend beschriebenen Aufnahmeeinheit eine Beleuchtungsquelle in wiederholter Folge für eine 1/50stel Sekunde mit geringer Helligkeit und anschließend für eine weitere 1/50stel Sekunde mit hoher Helligkeit synchron zur Bildwechselfrequenz des CCD-Arrays die zu erfassende Oberfläche beleuchtet, erhält man als Ergebnis abwechselnd Bilder mit einer geringen und einer starken Belichtung. Die gering belichteten Bilder werden die Teile der Oberfläche mit hohem Reflexionsgrad zufriedenstellend abbilden, während die Teile der Oberfläche mit geringem Reflexionsgrad nur sehr dunkel und ohne nennenswerten Informationsgehalt abgebildet werden. Umgekehrt werden bei den stark belichteten Bildern die schwach reflektierenden Oberflächenanteile ausreichend hell und mit hohem Informationsgehalt abgebildet, während die stark reflektierenden Oberflächenteile durchgängig extrem hell und damit überstrahlt erscheinen.

Es ist erfindungsgemäß besonders vorteilhaft, die genannten optischen Mittel zur Beeinflussung der für die Bildwandlung wirksamen Menge der Strahlenergie synchron zur Bildwechselfrequenz anzusteuern.

Es ist zusätzlich erfindungsgemäß besonders vorteilhaft, wenn die mindestens zwei einzelnen Bildern zugehörigen Daten teilweise oder vollständig mittels geeigneter Algorithmen in der Einrichtung für die elektronische Datenverarbeitung kombiniert werden.

Beispielsweise ist es erfindungsgemäß vorteilhaft möglich, die digitalisierten Daten zweier aufeinanderfolgender Bilder mittels entsprechender Software dergestalt zu kombinieren, daß aus dem oben beschriebenen niedrig belichteten Einzelbild diejenigen Bildbereiche mit hohem Reflexionsgrad und aus dem oben beschriebenen stark belichteten Einzelbild die Bildbereiche mit niedrigem Reflexionsgrad ausgewählt und in eine gemeinsame Helligkeitsskala transformiert werden. Als Ergebnis erhält man ein Bild, das alle Bildbereiche mit ausreichendem Kontrast darstellt.

Erfindungsgemäß vorteilhaft ist es, eine feinere Abstufung der Beleuchtungsstärke vorzusehen. Dabei können weitere Helligkeitsstufen eingesetzt werden. Das kombinierte Bild wird dann aus den Bildinformationen mehrerer Einzelaufnahmen zusammengesetzt.

Es ist erfindungsgemäß nicht erforderlich, ausschließlich direkt aufeinanderfolgende Bilder auszuwerten oder nur Einzelbilder zu kombinieren, die mit unterschiedlicher Strahlenergie aufgenommen wurden.

Erfindungsgemäß besonders vorteilhaft ist eine automatische Regelung der genannten optischen Mittel zur Beeinflussung der für die Bildwandlung wirksamen Menge der Strahlenergie, abhängig von der Auswertung der tatsächlichen Reflexionsverhältnisse in den vorher aufgenommenen Bildern der jeweiligen Oberfläche. Durch diesen Regelkreis wird erfindungsgemäß sichergestellt, daß für alle Bereiche der zu erfassenden Oberfläche die Beleuchtungsstärke jeweils optimiert wird.

Ebenfalls erfindungsgemäß vorteilhaft ist die Verwendung mehrerer Strahlquellen. Beispielsweise kann dann mittels einer Strahlquelle und geeigneter optischer Mittel ein Muster auf die zu vermessende Oberfläche projiziert werden. Wenn der Projektionswinkel unterschiedlich vom Aufnahmewinkel ist, können in bekannter Weise aus der Abbildung des Musters auf dem Bildwandler 3D-Informationen errechnet werden. Die andere Strahlquelle leuchtet dabei alternierend die zu vermessende Oberfläche vollständig aus. Dann können aus den Einzelbildern sowohl 3D-Informationen als auch Ansichten der erfaßten Oberfläche gewonnen werden. Der erfindungsgemäße Vorteil liegt darin, daß sich eine entsprechende Vorrichtung ohne

mechanische Bewegung der optischen Mittel, bei einfacher Ausbildung des Strahlengangs und unter Verwendung marktüblicher Einzelteile aufbauen läßt.

Auf diese Art und Weise können erfindungsgemäß vorteilhaft optische Strahlengänge sowohl für die Beleuchtung bzw. Durchleuchtung des zu erfassenden Objekts als auch für die Abbildung des Objekts auf dem oder den Bildwandlern durch die Ansteuerung der hierfür in dieser Erfindung als geeignet benannten optischen Mittel (beispielsweise stellbare Strahlquellen oder Blenden ggf. mit geeigneten Optiken) wirksam bzw. unwirksam geschaltet werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung verwendet mindestens zwei Strahlquellen und mindestens zwei Bildwandler, wobei durch geeignete optische Einrichtungen, z. B. durch einen Strahlteiler erreicht wird, daß die jeweilige Bildinformation auf beide Bildwandler projiziert wird. Wenn einer der beiden Bildwandler nicht für sichtbares Licht, sondern für beispielsweise infrarotes oder ultraviolettes Licht ausgelegt ist und einer der beiden Strahlquellen ebensolches Licht liefert, kann durch alternierendes Ansteuern der einen oder anderen Strahlquelle und durch die entsprechende Auswahl des Bildsignals des korrespondierenden Bildwandlers erreicht werden, daß abwechselnd Bildinformationen aus dem sichtbaren Lichtbereich und Bildinformationen aus einem nicht sichtbaren Bereich akquiriert werden.

In diesem Zusammenhang ist es erfindungsgemäß vorteilhaft möglich, die Daten des Bildwandlers für sichtbares Licht auf einem Monitor anzuzeigen und die Daten des Bildwandlers für nicht sichtbares Licht durch Datenverarbeitung so zu bearbeiten, daß sie in aussagekräftiger Form ebenfalls am Monitor dargestellt werden können. Bei Verwendung von infrarotem Licht können die erhaltenen unterschiedlich starken Signale beispielsweise durch unterschiedliche Farben gekennzeichnet werden, so wie dies bei der Auswertung von Infrarotbildern zur Überprüfung der Wärmeabstrahlung von Gebäuden üblich ist. Der Benutzer kann für die Monitordarstellung dann wählen zwischen dem Farb- bzw. Kontrastbild und der Auswertung der nicht sichtbaren Strahlen.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung verwendet mindestens eine Strahlquelle mit extrem kurzer Leuchtdauer, vorzugsweise im Bereich von 0,001 bis 0,01 s, und großer Helligkeit. Die für die Belichtung des zu erfassenden Objekts abgestrahlte Energiemenge kann in diesem Fall durch die Strahldauer variiert werden. Zudem wird der Einfluß von Verwackelungseffekten bei unruhiger Handhabung der Aufnahmevorrichtung minimiert. Solche Strahlquellen sind beispielsweise bekannt als Stroboskoplicht, Blitzlampe, Blitzrohr oder Flash-LED und werden beispielsweise (ebenfalls extern getaktet) zum Einstellen des Zündzeitpunktes bei Ottomotoren mit mechanischem Unterbrecherkontakt verwendet.

Beim Aufnahmevorgang können "abgeschattete" Bereiche entstehen, wenn die zu erfassende Oberfläche bezüglich des Strahlengangs des projizierten Musters Hinterschneidungen aufweist. Hinterschneidungen in diesem Sinne heißen Ausbildungen der dreidimensionalen Kontur, die bezüglich der Betrachtungs- oder der Projektionsrichtung durch Teile des Objekts selbst verdeckt sind und insofern für eine Betrachtung oder Projektion nicht zugänglich sind. Für solche Fälle ist es erfindungsgemäß besonders vorteilhaft, mindestens eine weitere Strahlquelle vorzusehen, die alternierend zu den verwendeten anderen Strahlquellen mit Hilfe geeigneter optischer Mittel ein Muster aus einer weiteren Raumrichtung auf die Oberfläche projiziert. Damit können Informationen über diejenigen vorher abgeschatteten Bereiche der Oberfläche gewonnen werden, die unter dem neuen Projektionswinkel optisch zugänglich sind. Mittels entsprechender Software können die unter den unterschiedlichen Projektionswinkeln erhaltenen 3D-Informationen der zu erfassenden Oberfläche dergestalt kombiniert werden, daß sich die 3D-Informationen gegenseitig ergänzen.

Sämtliche in dieser Erfindung beschriebenen Ausgestaltungen des Verfahrens und der Vorrichtung können erfindungsgemäß besonders vorteilhaft in vielfältiger Art und Weise miteinander kombiniert werden.

Beim Vermessen von schlecht zugänglichen Stellen ist die Baugröße desjenigen Teils der Vorrichtung, der sich im schlecht zugänglichen Bereich befindet, begrenzt. Ein Beispiel hierfür sind Aufnahmen in der Mundhöhle. Es ist aus diesem Grunde nicht ohne weiteres möglich, eine Aufnahme beispielsweise eines kompletten Kiefers

anzufertigen. Bewegt man nun die erfindungsgemäße Aufnahmevorrichtung relativ zur vermessenen Oberfläche, erhält man in Folge unterschiedliche Bilder. Die sich an die Einzelaufnahmen anschließende Datenverarbeitung bietet dann die Möglichkeit, benachbarte Einzelbilder zusammenzufügen, sofern ein ausreichender Überdeckungsgrad der Einzelbilder gewährleistet ist.

Es ist bekannt, daß aus einer relativ zur betrachteten Oberfläche veränderten Position und Ausrichtung der Aufnahmevorrichtung eine mehr oder weniger starke Abweichung der Abbilder für ein und dieselben betrachteten Oberflächensegmente resultiert. Insofern ist es Stand der Technik, numerische Näherungsverfahren zur Kombination und Ergänzung von benachbarten Bildern bzw. Bildfolgen einzusetzen. Geeignete numerische Algorithmen erlauben es, die Verzeichnungsfehler der ebenen Abbildung der realen, meist räumlich ausgebildeten Oberfläche teilweise zu kompensieren. Dem kontinuierlichen Zusammenfügen ebener Bilder räumlicher Objekte sind jedoch Grenzen gesetzt. Die unterschiedlichen Methoden zur ebenen Darstellung der Erdoberfläche geben hier ein anschauliches Beispiel.

Es liegt deshalb in diesem Zusammenhang nahe, daß nicht nur die zweidimensionalen Abbilder zu einem Gesamtbild zusammengefügt werden, sondern ermittelte 3D-Informationen. Entsprechende sogenannte Matching-Algorithmen, die es erlauben, Teilinformationen über dreidimensionale Oberflächen anhand von 3D-Koordinaten übereinstimmender Oberflächensegmente zu einer Gesamtinformation zu kombinieren, sind bekannt.

Die Voraussetzung übereinstimmender Oberflächensegmente ist für den oben beschriebenen beispielhaften Einsatzzweck der Erfindung gegeben. Da die erfindungsgemäße Vorrichtung bei Verwendung eines Bildwandlers mit einer Bildwechselfrequenz von 50Hz alle 0,02 s Einzelaufnahmen anfertigt, kann davon ausgegangen werden, daß selbst dann, wenn die Vorrichtung beispielsweise von Hand für eine Aufnahme des Zahnbogens eines Patienten geführt wird, jedes Bild aus einer ähnlichen Position aufgenommen wird wie die Vorgängeraufnahme und daß damit ein hoher Überdeckungsgrad zwischen zwei aufeinanderfolgenden Aufnahmen gewährleistet ist, sowohl für die 2D-Informationen als auch für die gewonnenen 3D-Informationen. Eine typische Größe des innerhalb einer Aufnahme erfaßten Teils der

zu vermessenden Oberfläche liegt bei etwa 10mm x 10mm, so daß sich selbst bei einer hoch angesetzten Bewegungsgeschwindigkeit einer handgeführten Vorrichtung von ca. 30mm/s ein Überdeckungsgrad von mehr als 90% ergibt. Auch wenn davon ausgegangen wird, daß von den weiter oben beschriebenen Möglichkeiten der alternierenden Belichtung und Auswertung Gebrauch gemacht und beispielsweise nur jedes vierte Bild tatsächlich für eine dreidimensionale Berechnung herangezogen wird, resultiert daraus immer noch ein Überdeckungsgrad von über 75%.

Bei einer solchen vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird durch Bewegen der Vorrichtung entlang der Zahnreihen mit jedem ausgewerteten Bild eine neue Information über die dreidimensionale Gestalt der zu vermessenden Oberfläche an die bereits vorhandene angefügt. Zudem kann durch numerische Kombination der auf die Einzelbilder bezogenen 3D-Daten hinsichtlich des sich jeweils überdeckenden Bereichs die resultierende Information optimiert werden. Sie wird dabei durch Anwendung statistischer Verfahren genauer oder durch eine Vergrößerung der Anzahl der enthaltenen Stützpunkte dichter. Die Quantität der solcherart zu gewinnenden Informationen ist nicht durch das Verfahren oder die Vorrichtung selbst, sondern lediglich durch die Größe des zur Verfügung stehenden Speichers der Datenverarbeitungseinheit begrenzt.

Die Verwendung der oben beschriebenen Strahlquellen für kurze Strahlimpulse ist im vorstehend beschriebenen Zusammmenhang erfindungsgemäß besonders vorteilhaft einzusetzen, um die Verwackelungseffekte einer beispielsweise von Hand geführten Aufnahmevorrichtung zu minimieren.

Die erfindungsgemäß vorteilhafte Verwendung mindestens einer Strahlquelle, die mittels geeigneter optischer Mittel ein Muster unter einem ausreichenden Triangulationswinkel zur Aufnahmerichtung auf die zu erfassende Oberfläche projiziert und mindestens einer weiteren Strahlquelle, die das Objekt beispielsweise alternierend farbgetreu beleuchtet, sowie die anschließende Kombination der den Einzelbildern zugehörigen 3D-Informationen mit den den Einzelbildern zugeordneten Farbinformationen erlaubt eine äußerst realitätsnahe Einfärbung einer resultierenden 3D-Gitternetzdarstellung.

Im vorstehenden Zusammenhang ist es erfindungsgemäß besonderes vorteilhaft, diejenige Strahlquelle, die beispielsweise mittels Kondensor, Maske und Optik ein Linienmuster auf die zu erfassende Oberfläche projiziert, mit hoher Strahlintensität zu betreiben, damit für die Gewinnung der 3D-Information das projizierte Muster in allen Bereichen der Oberfläche hinreichend hell ist. Dabei ergibt sich, daß diejenigen Bereiche der Oberfläche mit einer starken Reflexion unzureichende Kontrast- und/oder Farbinformationen zum Zweck einer anschaulichen Darstellung beinhalten. Die fehlenden Informationen können wie oben beschrieben durch Kombination von Einzelbildinformationen ergänzt werden, die mit reduzierter Bestrahlung beispielsweise aus derselben Strahlquelle oder vermittels der ebenfalls beschriebenen Strahlquelle für die flächige Bestrahlung der zu erfassenden Oberfläche gewonnen werden.

Es ist im vorstehenden Zusammenhang erfindungsgemäß besonders vorteilhaft, die Strahlenergie für die Projektion des Musters für die Einzelaufnahmen unterschiedlich zu stellen, um auch bei der Aufnahme des Linienmusters - wie bereits oben für die flächige Bildaufnahme beschrieben - die Bildinformationen des Linienmusters bezogen auf die partiellen Reflexionseigenschaften der Oberfläche des Objekts durch eine Kombination der Einzelaufnahmen insgesamt zu optimieren.

Es ist in diesem Zusammenhang erfindungsgemäß besonders vorteilhaft, einen Farbbildwandler und für die Projektion des Linienmusters weißes Licht zu verwenden. Variiert man nun beispielsweise unter Verwendung einer Blitzlampe die Strahlenergie wie vorstehend beschrieben, erhält man in der Folge der Einzelbilder sowohl optimale Farb- und Kontrastinformationen entlang der projizierten Linien als auch optimale Kontrastsignale für die einzelnen Linien zur Berechnung der 3D-Stützpunkte. Bewegt man nun mit geringer Geschwindigkeit die Aufnahmevorrichtung gegenüber dem Objekt, kann durch geeignete Kombination der den Einzelbildern zugeordneten Informationen sowohl die 3D-Informationen verdichtet als auch ein Farbbild des Objekts ohne Lücken generiert werden. In diesem Sinne kann die vorstehend noch beschriebene einheitlich flächige Beleuchtung des Objekts entfallen.

Die Vorrichtung zur Durchführung von optischen Aufnahmen der eingangs beschriebenen Art löst die Aufgabe gemäß der Erfindung durch die Merkmale, daß

a) mindestens ein flächiger elektronischer Bildwandler unter Verwendung einer zur Aufnahme von Bildern geeigneten Optik verwendet wird, der sich für die Aufnahme von mindestens zwei aufeinanderfolgenden Bildern eignet und

b) mindestens ein stellbares optisches Mittel vorgesehen wird, das sich für die Aufnahme der Einzelbilder hinsichtlich der für die Bildwandlung wirksam eingebrachten Menge der Strahlenergie unterschiedlich stellen läßt.

Eine erfindungsgemäß besonders vorteilhafte Ausbildung der Vorrichtung sieht Einrichtungen vor, die die Digitalisierung der Ausgangssignale des mindestens einen Bildwandlers bewirken und diese Daten einer Datenverarbeitungsanlage zur Verfügung stellt.

Eine erfindungsgemäß besonders vorteilhafte Ausbildung der Vorrichtung sieht Einrichtungen vor, die die Daten von mindestens zwei Einzelbildern speichern können.

Eine erfindungsgemäß besonders vorteilhafte Ausbildung der Vorrichtung sieht Einrichtungen vor, die die Daten von mindestens zwei Einzelbildern verarbeitet und in der Lage ist, diese mittels geeigneter Algorithmen zu kombinieren.

Eine erfindungsgemäß besonders vorteilhafte Ausbildung der Vorrichtung sieht optische Mittel im Strahlengang zwischen der mindestens einen Strahlquelle und dem zu erfassenden Objekt vor, die die Projektion eines Musters erlauben.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele in Verbindung mit der anliegenden Zeichnung.

Es zeigt die anliegende Zeichnung (Fig. 1) die Ansicht einer Vorrichtung zur Durchführung von optischen Aufnahmen nach der Erfindung, teilweise schematisiert.

Die Aufnahmevorrichtung gemäß der Fig. 1 ist zur Vereinfachung der Beschreibung ohne bekannte, selbstverständliche Vorrichtungsteile nur schematisch wiedergegeben. Zur Vereinfachung der Beschreibung wurde zudem darauf verzichtet, Ausführungsformen von Vorrichtungsteilen, die zum Stand der Technik gehören, wie bestimmte Ausführungsformen von Verbindungen oder der Fixierung von Teilen, im Detail zu beschreiben.

An einem Grundgestell (9) sind alle Mittel (8 und 10 bis 15) starr befestigt. Die Befestigung des Trägers (8) gegenüber dem Grundgestell (9) ist lösbar und in der hier gezeigten Ausführungsform derart ausgebildet, daß sich bei einem erneuten Zusammenbau die vorgesehene geometrische Anordnung dieser Teile zueinander ohne Justagearbeiten ergibt. Zudem sind der Träger (8) und die mit diesem starr verbundenen optischen Mittel (2 bis 4) in der hier gezeigten Ausführungsform derart ausgebildet, daß sie sich für eine von den übrigen Mitteln (9 bis 20) separate Desinfektion bzw. Sterilisation eignen.

Bei dem Objekt (1) handelt es sich um eine Oberfläche mit dreidimensionalen Erstreckungen. Beispielsweise kann es sich um einen Zahn bzw. um eine Reihe von Zähnen des menschlichen Gebisses handeln. In engem Abstand erstreckt sich der Träger (8) mit seinen Aufbauten, und man kann sich leicht vorstellen, daß der in Richtung Objekt (1) weisende Teil des Trägers (8) mit seinen Aufbauten innerhalb der Mundhöhle untergebracht werden kann. Es ist weiter leicht vorstellbar, daß der aus den Mitteln (2 bis 15) bestehende Teil der Aufnahmevorrichtung von Hand gehalten wird und der Benutzer der Vorrichtung einen intraoralen Aufnahmevorgang von einem Teil des Gebisses eines Patienten, in Fig. 1 gezeigt als Objekt (1), ausführt.

In der hier gezeigten Ausführungsform handelt es sich bei dem Träger (8) um einen prismatischen Körper aus optischem Glas der Güte BK 7 mit einem Querschnitt von 15 mm x 15 mm. Die Längsseiten sind parallel geschliffen, poliert und eignen sich in dieser Ausführung als ebene optische Umlenkeinrichtungen unter Ausnutzung der Totalreflexion, in Fig. 1 gezeigt als Spiegel (3 und 4). Der zum Objekt (1) weisende

Teil des Glasprismas, in Fig. 1 gezeigt als Träger (8), ist unter 45° abgeschrägt. Diese Fläche ist ebenfalls geschliffen, poliert und zudem verspiegelt und dient als ebener Spiegel (2) zur Umlenkung der Strahlen in Richtung des Objekts (1).

Aus Platzgründen kann es vorteilhaft sein, auf der vom Objekt (1) abweisenden Seite des Trägers (8) ebenfalls Umlenkeinheiten anzuordnen, damit die Mittel (10 bis 15) nicht in einer Ebene angeordnet werden müssen.

Spiegel sind **im Sinne dieser Erfindung** optische Umlenkeinrichtungen unabhängig davon, ob die relevanten Flächen verspiegelt sind oder die Fähigkeit zur Umlenkung optischer Strahlen unter Ausnutzung der Totalreflexion erfolgt.

Der als Glasprisma ausgeführte Träger (8) kann erfindungsgemäß vorteilhaft beheizt werden, damit er bei invasiv durchgeführten Aufnahmen nicht beschlägt. Alternativ kann ein Luftstrom derart geführt werden, daß der intraoral eingesetzte und für die Aufnahme relevante Teil des Glaskörpers trocken gehalten wird.

In einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung der Vorichtung wird der Träger (8) derart ausgebildet, daß er sich für endoskopische Untersuchungen eignet. Zudem ist es, erfindungsgemäß vorteilhaft, möglich weitere optische Mittel, beispielsweise Linsen, zusätzlich zum bzw. anstelle des Spiegels (2) auf dem Träger (8) anzuordnen.

Die Strahlquellen (13 und 14), jeweils versehen mit den optischen Mitteln (10 und 11), dienen zur Beleuchtung des Objekts (1). Die Strahlen werden über die ebenen Spiegel (2 bis 4) umgelenkt. Bei der hier gezeigten Ausführungsform bestehen die optischen Mittel (10) aus einem Kondensor, einer Maske und einem Objektiv. Vermittels der Mittel (13, 10, 4, 2) wird flächig ein Linienmuster auf das Objekt (1) projiziert. Als optisches Mittel (11) findet ein Kondensor Verwendung. Vermittels der Mittel (14, 11 und 2) läßt sich das Objekt flächig beleuchten. Als Strahlquelle (13 und 14) kommen Blitzlampen zum Einsatz. Die Strahlquellen (13 und 14) sind vermittels elektrischer Verbindungen (20) mit einer Ansteuereinheit (19) verbunden.

Die vom Objekt (1) reflektierten Strahlen werden über die Spiegel (2 und 3) gelenkt und vermittels der optischen Mittel (12) auf dem Bildwandler (15) abgebildet. Bei der

hier gezeigten Ausführungsform bestehen die optischen Mittel (12) aus einem Objektiv. Der elektronische Bildwandler (15) ist als CCD-Array ausgebildet und über elektrische Verbindungen (20) mit einer Ansteuereinrichtung (18) und einer Einrichtung zur Digitalisierung des Ausgangssignals des Bildwandlers (16) verbunden. Die digitalisierten Bilddaten werden über die elektische Verbindung (20) einer Datenverarbeitungseinheit (17) zur Verfügung gestellt. In der hier gezeigten Ausführungsform wird für die Einheit (16) ein sogenannter Frame-Grabber mit eigenem Signalprozessor für die schnelle Verarbeitung der Bilddaten und für die Einheit (17) ein handelsüblicher PC verwendet.

Die elektrischen Verbindungen (20) zwischen den Einrichtungen (18) und (19) sowie zwischen den Einrichtungen (17) und (19) dienen zur Synchronisation der Ansteuerung der Strahlquellen (13 und 14) mit der Bildwechselfrequenz des Bildwandlers (15) bzw. zur Rückführung der Bildinformation in einem Regelkreis zur Optimierung der Ansteuerung der Strahlquellen.

Die Mittel (13, 10 und 4) einerseits und (15, 12 und 3) andererseits sind bezüglich ihrer optischen Achsen (7 und 5) derart ausgerichtet, daß sich zwischen der Projektionsrichtung des Musters und der Richtung der Bildaufnahme ein Triangulationswinkel von 20 Grad ergibt. Die optische Achse (6) für die flächige Beleuchtung liegt in diesem Ausführungsbeispiel in der Winkelhalbierenden der beiden anderen optischen Achsen (5 und 7). Um für die 3D-Berechnung relevante Informationen zu bekommen, ist das projizierte Linienmuster quer zu der von dem Triangulationswinkel aufgespannten Ebene gestreift.

In der hier gezeigten Ausführungsform wird das Objekt (1) synchron zur Bildwechselfrequenz des Bildwandlers (15) alternierend einerseits mit einem Linienmuster und andererseits flächig/einheitlich beleuchtet. Die Bildwechselfrequenz liegt in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel bei 50 Hz.

Für die optische dreidimensionale Erfassung beispielsweise des Zahnbogens eines Menschen führt man den vorderen Teil des Trägers (8) mit seinen Aufbauten in den Mund des Patienten ein, startet den Aufnahmevorgang durch ein in der Fig. 1 nicht gezeigtes, im Rahmen der Datenverarbeitungseinheit (17) verfügbares

Betätigungselement, und führt im Verlauf des Aufnahmevorgangs den Vorrichtungsteil, bestehend aus den Mitteln (2 bis 15) von Hand derart, daß nach und nach alle relevanten Oberflächenbereiche des Objekts (1) sowohl auf dem Bildwandler (15) abgebildet als auch gleichermaßen von der Projektion des Linienmusters erfaßt werden. Man beendet den Aufnahmevorgang durch eine weitere Betätigung des vorstehend genannten Betätigungselements.

In der Folge der aufgenommenen Einzelbildinformationen befinden sich jetzt abwechselnd Abbilder des aufgrund der Oberflächengestalt des Objekts (1) verzeichneten Linienmusters und Abbilder des flächig beleuchteten Objekts (1). Aus der Verzeichnung des Linienmusters lassen sich bei Kenntnis des optischen Strahlengangs und unter Berücksichtigung der geometrischen Ausbildung des projizierten Linienmusters für die entsprechenden Einzelaufnahmen für eine Vielzahl von Stützpunkten 3D-Koordinaten errechnen. Aus der Folge der den Einzelbildern zugeordneten Bildinformationen und 3D-Koordinaten lassen sich im weiteren sowohl die ebenen Bildinformationen als auch die 3D-Koordinaten in der oben beschriebenen Art und Weise kombinieren, so daß im Ergebnis trotz des Sichtfelds der Aufnahmeeinheit in einer Größenordnung von 15 mm x 15 mm sowohl die 3D-Koordinaten als auch ein einheitliches Farbbild des gesamten Zahnbogens vorliegen. Hierbei sind Lücken aufgrund von Hinterschneidungen, störenden optischen Reflexionen oder dunklen Bildbereichen ohne nennenswerten Kontrast nicht mehr vorhanden. Durch eine online-Berechnung und -Anzeige der jeweiligen Zwischenergebnisse kann der Bediener zudem die Führung der Aufnahmevorrichtung von Hand optimieren.

Die für die 3D-Berechnung erforderliche Kenntnis des optischen Strahlengangs und der geometrischen Ausbildung des projizierten Linienmusters erhält man erfindungsgemäß vorteilhaft dadurch, daß man nacheinander in unterschiedlichem Abstand parallel zu der zum Objekt (1) weisenden Fläche des Trägers (8) ein ebenes, in seiner Detailausbildung in der Fig. 1 nicht gezeigtes Objekt (1) positioniert, das quer zum projizierten Linienmuster ebenfalls ein Linienmuster aufweist. Werden nun zwei Bildaufnahmen angefertigt und ist sowohl das Referenz-Objekt (1) eben und das Linienmuster in seiner geometrischen Ausbildung als auch der Abstand zwischen Träger und Referenz-Objekt (8) für beide Aufnahmen bekannt, kann man für eine

Vielzahl von Stützpunkten sowohl den Strahlengang als auch die geometrische Ausbildung des projizierten Musters exakt errechnen. Die errechneten Werte berücksichtigen bereits etwaige Verzeichnungen aufgrund der Fertigungstoleranzen der verwendeten Mittel. Die Zwischenwerte können dann im weiteren bei der 3D-Berechnung interpoliert werden.

Die hier gezeigte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, daß

a) in der Aufnahmeeinheit keine bewegten Teile Verwendung finden;

b) der optische Aufbau einfach ausgebildet ist;

c) durch die Verwendung eines langgestreckten Glaskörpers eine einfache Möglichkeit gewählt wurde, die Strahlen zur Erzeugung eines Musters auf der zu vermessenden Oberfläche gezielt ein- oder mehrfach an den Wänden des Glaskörpers reflektieren zu lassen, so daß sich eine größere Winkeldifferenz relativ zu den Aufnahmestrahlen ergibt, als wenn alle Strahlen geradlinig durch den Träger geführt werden, wobei sich der relative Winkel der Strahlen zueinander ja lediglich als arcus tangens des Verhältnisses vom Abstand zwischen Objekt und Aufnahme- bzw. Beleuchtungseinheiten einerseits und dem Abstand der Optiken untereinander andererseits ergibt. Eine Winkeldifferenz im Bereich zwischen 15° und 45° zwischen den mustererzeugenden Strahlen und den Strahlen für die Aufnahme ist vorteilhaft für die Durchführung der Vermessung. Größere Winkel vergrößern die Gefahr der "Schattenbildung" bei gestuften Oberflächen, kleinere Winkel vermindern die Genauigkeit der Vermessung, da das Auswertungsverfahren auf Triangulationsberechnungen beruht;

d) sich außer für Träger (8), Grundgestell (9), Maske zur Projektion des Musters und Ansteuereinheiten (18 und 19) handelsübliche Hardware-Komponenten verwenden lassen;

e) sich die Fehler aufgrund der Fertigungstoleranzen der eingesetzten Mittel durch die oben beschriebene "Kalibrierung" der Aufnahmeeinheit kompensieren

lassen und insofern insgesamt geringere Anforderungen an die Fertigungstoleranzen der eingesetzten Mittel gestellt werden müssen.

Bezugszeichenliste

1	Objekt
2, 3, 4	Spiegel
5, 6, 7	optische Achsen
8	Träger (hier ausgeführt als Körper aus optischem Glas)
9	Grundgestell
10, 11, 12	optische Mittel (Linsensystem, Blende etc.)
13, 14	Strahlquelle (hier ausgeführt als Blitzlampe)
15	elektronischer Bildwandler (CCD-Array)
16	Einrichtung zur Digitalisierung analoger Signale (Frame-Grabber)
17	Datenverarbeitungseinheit (PC)
18	Ansteuereinheit für den Bildwandler
19	Ansteuereinheit für die Strahlquellen
20	elektrische Verbindungen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Durchführung von optischen Aufnahmen zum Zweck der Darstellung, Dokumentation oder Vermessung von Objekten (1) unter Verwendung mindestens eines elektronischen Bildwandlers (15) mit flächigem Sichtfeld, mindestens eines optischen Mittels (12) für die Abbildung des Objektes auf dem Bildwandler (15) und mindestens einer Strahlquelle (13, 14) für die Bestrahlung bzw. Durchstrahlung des Objekts (1), **dadurch gekennzeichnet**, daß

   a) mindestens zwei Einzelaufnahmen nacheinander erfolgen und

   b) die wirksame Menge der eingebrachten Strahlenergie für die optoelektronische Wandlung der Bilder für die Aufnahme der Einzelbilder unterschiedlich gestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Intensität der eingebrachten Strahlenergie für die optoelektronische Wandlung der Bilder für die Aufnahme der Einzelbilder unterschiedlich gestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wirkungsdauer der eingebrachten Strahlenergie für die optoelektronische Wandlung der Bilder für die Aufnahme der Einzelbilder unterschiedlich gestellt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens eine Strahlquelle (13, 14) bezüglich der von ihr für die Aufnahme eines Einzelbildes abgegebenen Menge an Strahlenergie im Verlauf der Aufnahme der Einzelbilder unterschiedlich gestellt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß optische Mittel (10, 11) für die Beeinflussung der für die Aufnahme eines Einzelbildes wirksamen Menge an Strahlenergie in mindestens einem Strahlengang (6, 7) zwischen der mindestens einen Strahlquelle (13, 14) und

dem zu erfassenden Objekt (1) im Verlauf der Aufnahme der Einzelbilder unterschiedlich gestellt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß optische Mittel (12) für die Beeinflussung der für die Aufnahme eines Einzelbildes wirksamen Menge an Strahlenergie in mindestens einem Strahlengang (5) zwischen dem zu erfassenden Objekt (1) und dem mindestens einen Bildwandler (15) im Verlauf der Aufnahme der Einzelbilder unterschiedlich gestellt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß sogenannte Shutter-Einrichtungen des mindestens einen elektronischen Bildwandlers (15) mit Hilfe geeigneter Mittel (18) derart angesteuert werden, daß die Wirkungsdauer der eingebrachten Strahlenergie für die optoelektronische Wandlung der Bilder im Verlauf der Aufnahme der Einzelbilder unterschiedlich gestellt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ausgangssignale des mindestens einen Bildwandlers (15) in einer entsprechenden Einheit (16) digitalisiert werden und die digitalisierten Ausgangssignale einer Datenverarbeitungsanlage (17) zur Verfügung gestellt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß Bilddaten von mindestens zwei Einzelbildern in einer Datenverarbeitungsanlage (17) gespeichert, dargestellt und/oder mittels geeigneter Algorithmen kombiniert werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die für die optoelektronische Wandlung der Bilder wirksame Menge an Strahlenergie synchron zur Bildwechselfrequenz des Bildwandlers (15) unterschiedlich gestellt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die für die optoelektronische Wandlung der Bilder wirksame Menge an Strahlenergie in einer Steuerstrecke unterschiedlich gestellt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die für die optoelektronische Wandlung der Bilder wirksame Menge an Strahlenergie in einem Regelkreis unterschiedlich gestellt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß optische Mittel (10) in mindestens einem Strahlengang zwischen der mindestens einen Strahlquelle (13, 14) und dem zu erfassenden Objekt (1) vorgesehen werden, die die Projektion mindestens eines Musters erlauben.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Datenverarbeitungseinheit (17) Einrichtungen und/oder Algorithmen zur Bildung einer 3D-Information verwendet werden.

15. Verwendung der Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14 für die medizinische Diagnostik oder Therapie.

16. Vorrichtung für ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens ein Bildwandler (15) als CCD-Array ausgebildet ist.

17. Vorrichtung für ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens eine Strahlquelle (13, 14) als Blitzstrahlkörper ausgebildet ist.

18. Vorrichtung für ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens ein Grundgestell (9) oder ein Träger (8) mindestens zwei der Mittel (2 bis 4 und 10 bis 15) starr verbindet.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß an dem Träger (8) mindestens ein Linsensystem (12) zur optischen Abbildung des Objekts (1) auf dem Bildwandler (15) befestigt ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß an dem Träger (8) mindestens eine optische Umlenkeinrichtung (2, 3, 4) befestigt ist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (8) mit seinen Aufbauten gegenüber den anderen Mitteln (9 bis 20) lösbar und im übrigen derart ausgebildet ist, daß er sich für eine separate Sterilisation bzw. Desinfektion eignet.

22. Verwendung der Vorrichtungen nach einem der Ansprüche 16 bis 21 für invasive medizinische Zwecke.

23. Verwendung der Vorrichtungen nach einem der Ansprüche 16 bis 21 zur berührungslosen Vermessung von wenigstens einem Zahn eines Gebisses des menschlichen und tierischen Körpers für zahnmedizinische Zwecke.

24. Verwendung der Vorrichtungen nach einem der Ansprüche 16 bis 21 zur berührungslosen Vermessung des Zahnbogens eines Gebisses des menschlichen und tierischen Körpers für kieferorthopädische Zwecke.

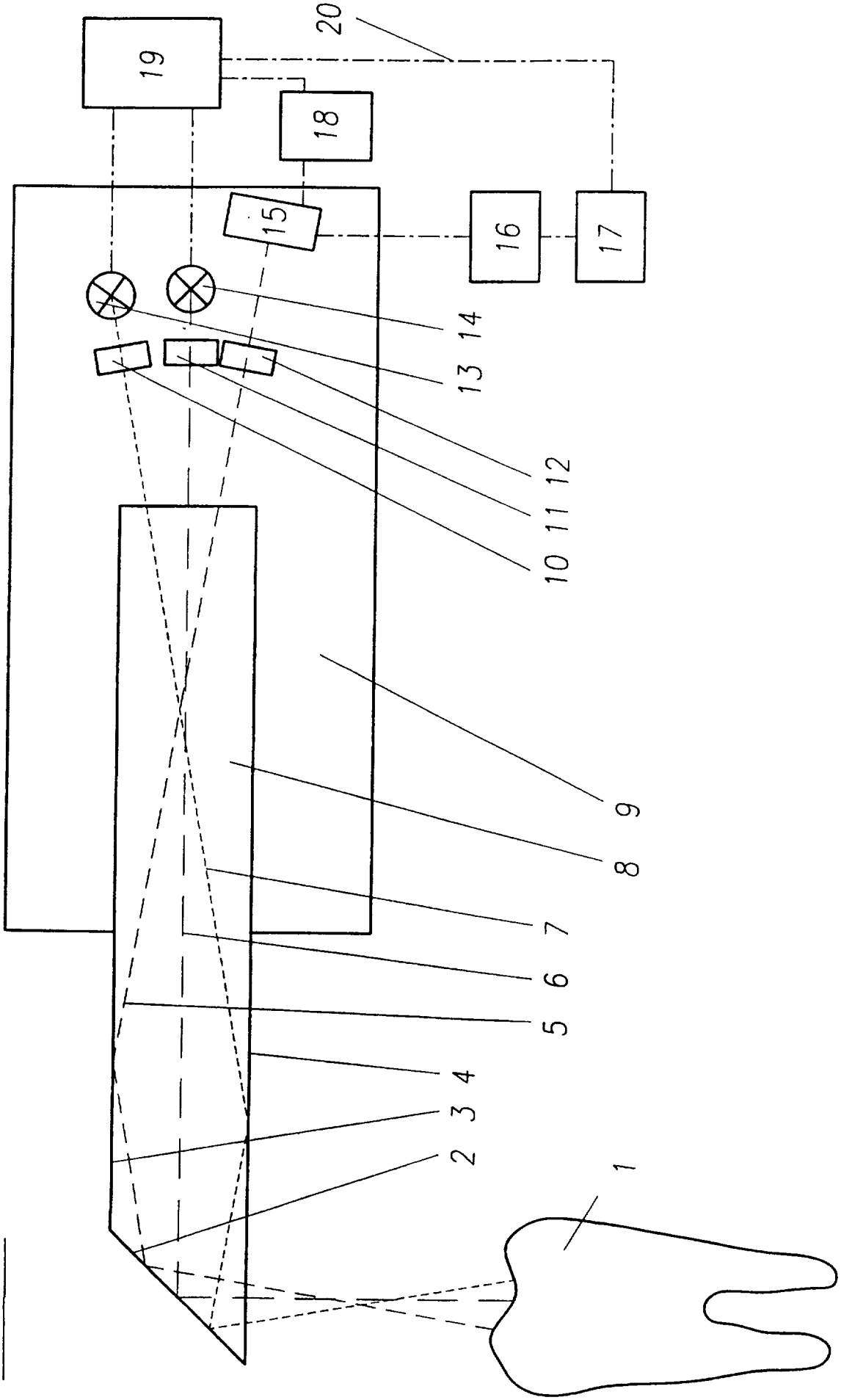


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter nal Application No
PCT/DE 97/01796

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01B11/24 A61C19/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 G01B A61C A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 309 243 A (TSAI YUSHENG T) 3 May 1994 see column 1, line 16 - line 23 see column 2, line 63 - line 68 see column 4, line 46 - line 54 see column 5, line 55 - line 66 ---	1-4,6-9, 14-16, 23,24
Y A	EP 0 250 993 A (BRANDESTINI MARCO ;MORMANN WERNER H (CH)) 7 January 1988 see page 1, line 16 - line 20 see page 5, line 6 - line 10 see page 7, line 27 - line 31 --- -/--	1-4,6-9, 14-16, 23,24 17-22

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 December 1997	30/12/1997

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Klocke, S

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter nal Application No
PCT/DE 97/01796

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication,where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 372 502 A (MASSEN ROBERT ET AL) 13 December 1994 see column 1, line 67 - column 2, line 7 see column 3, line 21 - line 43 see column 4, line 14 - line 41	1-24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

.formation on patent family members

Inter ...nal Application No
PCT/DE 97/01796

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5309243 A	03-05-94	NONE	
EP 0250993 A	07-01-88	CH 672722 A	29-12-89
		DE 3774499 A	19-12-91
		US 4837732 A	06-06-89
US 5372502 A	13-12-94	DE 3829925 A	15-03-90
		CH 680187 A	15-07-92
		FR 2635965 A	09-03-90
		JP 1901518 C	27-01-95
		JP 2119858 A	07-05-90
		JP 6016799 B	09-03-94
		SE 468971 B	26-04-93
		SE 8902748 A	03-03-90

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte· ›nales Aktenzeichen
PC1/DE 97/01796

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G01B11/24 A61C19/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 G01B A61C A61B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 309 243 A (TSAI YUSHENG T) 3.Mai 1994 siehe Spalte 1, Zeile 16 - Zeile 23 siehe Spalte 2, Zeile 63 - Zeile 68 siehe Spalte 4, Zeile 46 - Zeile 54 siehe Spalte 5, Zeile 55 - Zeile 66 ---	1-4,6-9, 14-16, 23,24
Y A	EP 0 250 993 A (BRANDESTINI MARCO ;MORMANN WERNER H (CH)) 7.Januar 1988 siehe Seite 1, Zeile 16 - Zeile 20 siehe Seite 5, Zeile 6 - Zeile 10 siehe Seite 7, Zeile 27 - Zeile 31 --- -/--	1-4,6-9, 14-16, 23,24 17-22

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

1

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
17.Dezember 1997	30/12/1997
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	**Bevollmächtigter Bediensteter** Klocke, S

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte· ›nales Aktenzeichen
PC1/DE 97/01796

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 372 502 A (MASSEN ROBERT ET AL) 13.Dezember 1994 siehe Spalte 1, Zeile 67 - Spalte 2, Zeile 7 siehe Spalte 3, Zeile 21 - Zeile 43 siehe Spalte 4, Zeile 14 - Zeile 41 -----	1-24

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichu ı, die zur selben Patentfamilie gehören

Inter nales Aktenzeichen
PCT/DE 97/01796

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5309243 A	03-05-94	KEINE	
EP 0250993 A	07-01-88	CH 672722 A	29-12-89
		DE 3774499 A	19-12-91
		US 4837732 A	06-06-89
US 5372502 A	13-12-94	DE 3829925 A	15-03-90
		CH 680187 A	15-07-92
		FR 2635965 A	09-03-90
		JP 1901518 C	27-01-95
		JP 2119858 A	07-05-90
		JP 6016799 B	09-03-94
		SE 468971 B	26-04-93
		SE 8902748 A	03-03-90