

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. April 2010 (29.04.2010)

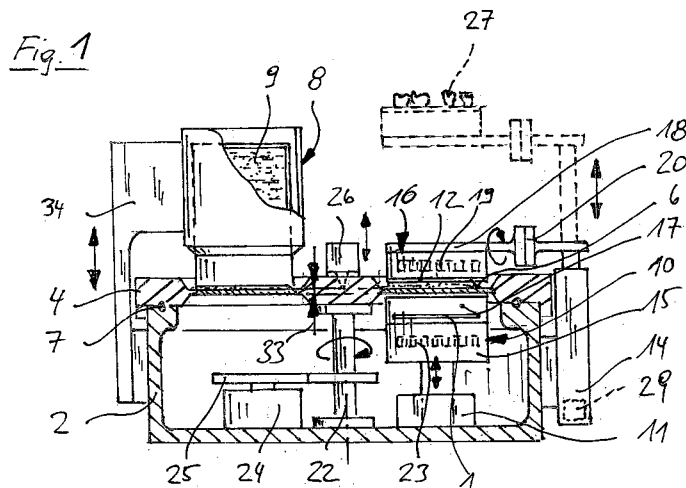
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/045950 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
B29C 67/00 (2006.01) *A61C 13/00* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2008/008864
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
20. Oktober 2008 (20.10.2008)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** IVOCLAR VIVADENT AG [LI/LI]; Bendererstrasse 2, FL-9494 Schaan (LI).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** ROHNER, Gottfried [CH/CH]; Forststrasse 6, CH-9450 Altstätten (CH). WACHTER, Wolfgang [LI/LI]; In der Fina 10, FL-9494 Schaan (LI). APPERT, Christoph [LI/LI]; Landstrasse 107, FL-9470 Vaduz (LI). PATZER, Johannes [AT/AT]; Kaiser-Ebersdorferstrasse 294/2, A-1110 Wien (AT).
- (74) **Anwälte:** AHME, Johannes et al.; Uexküll & Stolberg, Beselerstrasse 4, 22607 Hamburg (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** DEVICE AND METHOD FOR PROCESSING LIGHT-POLYMERIZABLE MATERIAL FOR THE LAYERED ASSEMBLY OF MOLDS

(54) **Bezeichnung :** VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR VERARBEITUNG VON LICHPOLYMERISIERBAREM MATERIAL ZUM SCHICHTWEISEN AUFBAU VON FORMKÖRPERN



(57) **Abstract:** The invention relates to a method and a device for processing light-polymerizable material for the assembly of a mold, utilizing a lithography-based generative manufacturing technique wherein a layer of a light-polymerizable material, the material being located in at least one trough (4) having a particularly light-transmissive, horizontal bottom (6), is polymerized by illumination on at least one horizontal platform (12), the platform having a prespecified geometry and projecting into a trough (4), in an illumination field, wherein the platform (12) is displaced vertically to form a subsequent layer, light-polymerizable material is then added to the most recently formed later, and repetition of the foregoing steps leads to the layered construction of the mold in the desired form, which arises from the succession of layer geometries. The invention is characterized in that the trough (4) can be shifted horizontally to a supply position, and the supply device (8) brings light-polymerizable material at least to an illumination field of the trough bottom (6), before the at least one trough (4) is shifted to an illumination position in which the illumination field is located below the platform (12) and above the illumination unit (10), and illumination is carried out.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2010/045950 A1



DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verarbeitung von lichtpolymerisierbarem Material zum Aufbau eines Formkörpers unter Anwendung einer lithographiebasierten generativen Fertigungstechnik, bei dem eine Schicht aus einem lichtpolymerisierbaren Material, das sich in zumindest einer Wanne (4) mit einem insbesondere lichtdurchlässig ausgebildeten, horizontalen Boden (6) befindet, auf wenigstens einer in eine Wanne (4) ragenden, horizontalen Bauplattform (12) mit vorgegebener Geometrie in einem Belichtungsfeld durch Belichten polymerisiert wird, die Bauplattform (12) zur Bildung einer nachfolgenden Schicht vertikal verschoben wird, lichtpolymerisierbares Material auf die zuletzt gebildete Schicht nachgeführt wird, und durch Wiederholen der vorhergehenden Schritte schichtweise der Formkörper in der gewünschten Form, die sich aus der Folge der Schichtgeometrien ergibt, aufgebaut wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Wanne (4) horizontal in eine Zufuhrstellung versetzbar ist, eine Zufuhreinrichtung (8) lichtpolymerisierbares Material wenigstens auf ein Belichtungsfeld des Wannensbodens (6) ausbringt, bevor die zumindest eine Wanne (4) in eine Belichtungsstellung versetzt wird, in der sich das Belichtungsfeld unterhalb der Bauplattform (12) und oberhalb der Belichtungseinheit (10) befindet, und die Belichtung erfolgt.

Vorrichtung und Verfahren zur Verarbeitung von lichtpolymerisierbarem Material zum schichtweisen Aufbau von Formkörpern

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Verarbeitung von lichtpolymerisierbarem Material zum schichtweisen Aufbau eines Formkörpers unter Anwendung einer lithographiebasierten generativen Fertigung, z.B. Rapid Prototyping, mit einer Wanne mit einem wenigstens teilweise lichtdurchlässig ausgebildeten horizontalen Boden, in die lichtpolymerisierbares Material einfüllbar ist, einer horizontalen Bauplattform, die in einstellbarer Höhe über dem Wanneboden gehalten ist, einer Belichtungseinheit, die zur ortsselektiven Belichtung einer Fläche auf der Bauplattform mit einem Intensitätsmuster mit vorgegebener Geometrie ansteuerbar ist, einer Steuereinheit, die dazu vorbereitet ist, in aufeinanderfolgenden Belichtungsschritten übereinanderliegende Schichten auf der Bauplattform jeweils mit vorgegebener Geometrie durch Steuerung der Belichtungseinheit zu polymerisieren und nach jedem Belichtungsschritt für eine Schicht die Relativposition der Bauplattform zum Wanneboden anzupassen, um so sukzessive den Formkörper in der gewünschten Form, die sich aus der Folge der Schichtgeometrien ergibt, aufzubauen.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Verarbeitung von lichtpolymerisierbarem Material zum Aufbau eines Formkörpers unter Anwendung einer lithographiebasierten generativen Fertigungstechnik, z.B. Rapid Prototyping, bei dem eine Schicht aus einem lichtpolymerisierbarem Material, das sich in zumindest einer Wanne mit einem insbesondere lichtdurchlässig (transparent oder transluzent) ausgebildeten, horizontalen Boden befindet, auf wenigstens einer in wenigstens eine Wanne ragenden, horizontalen Bauplattform mit vorgegebener Geometrie in einem Belichtungsfeld durch Belichten polymerisiert wird, die Bauplattform zur Bildung einer nachfolgenden Schicht vertikal verschoben wird, lichtpolymerisierbares Material auf die zuletzt gebildete Schicht nachgeführt wird, und durch Wiederholen der vorhergehenden Schritte schichtweise der Formkörper

- 2 -

in der gewünschten Form, die sich aus der Folge der Schichtgeometrien ergibt, aufgebaut wird.

Die Erfindung ist insbesondere auf den Aufbau von Formkörpern gerichtet, die für Dentalrestaurationen verwendet werden sollen.

CAD-CAM-Technologien haben in der Dentalbranche schon seit einiger Zeit Einzug gehalten und lösen die traditionelle handwerkliche Herstellung von Zahnersatz ab. Die heute üblichen abtragenden Herstellungsverfahren zur Erzeugung von keramischen Dentalrestaurationskörpern haben aber einige Nachteile, die nach heutigem Stand der Technik mit vernünftigem Aufwand unter wirtschaftlichen Aspekten nicht verbessert werden können. In diesem Zusammenhang können aufbauende Herstellungsverfahren, die unter der Bezeichnung "rapid prototyping" (schnelle Prototypenbauweise) in Betracht gezogen werden, insbesondere stereolithographische Verfahren, bei denen jeweils eine neu aufgetragene Materialschicht durch ortsselektive Belichtung in der gewünschten Form polymerisiert wird, wodurch sukzessive durch schichtweise Formgebung der gewünschte Körper in seiner dreidimensionalen Form, die sich aus der Aufeinanderfolge der aufgetragenen Schichten ergibt, hergestellt wird.

In Bezug auf keramikgefüllte Polymere ist insbesondere WO 98/06560 zu nennen. Dabei wird ein keramischer Schlicker über eine dynamische Maske (Lichtmodulator) belichtet, wodurch sukzessive ein dreidimensionaler Körper aufgebaut werden soll. Bei dem beschriebenen Verfahren wird der keramische Schlicker von oben auf einer Bauplattform belichtet. Bei einer solchen Belichtung von oben muss nach jeder Belichtung mit Hilfe einer Rakel eine neue dünne Materialschicht aufgetragen werden (typischerweise mit einer Schichtdicke, die zwischen 10 und 100 µm liegt). Bei Verwendung höher viskoser Materialien, wie dies

keramikgefüllte Harze sind, können solche dünnen Schichten jedoch nur schwer in reproduzierbarer Weise aufgetragen werden.

Im Stand der Technik sind auch, jedenfalls für Photomonomere ohne Keramikfüllung, Techniken bekannt, bei denen die Belichtung von unten durch den Boden einer Wanne hindurch, der mit einer transparenten Folie, Platte oder Platte mit einer elastomeren Oberfläche (z.B. aus Silikon oder Fluorelastomer) ausgeführt ist, erfolgt. Über der transparenten Folie oder Platte befindet sich eine Bauplattform, die von einem Hubmechanismus in einstellbarer Höhe über der Folie oder Platte gehalten wird. Im ersten Belichtungsschritt wird das Photopolymer zwischen Folie und der Bauplattform in der gewünschten Form durch Belichten polymerisiert. Beim Anheben der Bauplattform löst sich die polymerisierte erste Schicht von der Folie oder Platte und flüssiges Monomer fließt in den entstehenden Spalt nach. Durch sukzessives Anheben der Bauplattform und selektive Belichtung des nachgeflossenen Monomermaterials entsteht der schichtweise polymerisierte Formkörper. Eine zur Anwendung dieses Verfahrens geeignete Vorrichtung ist zum Beispiel in DE 199 57 370 A1 beschrieben, auf der die Oberbegriffe von Anspruch 1 und 20 beruhen. Eine ähnliche Verfahrensweise ist in DE 102 56 672 A1 beschrieben, die sich jedoch ebenfalls auf ungefüllte Polymere bezieht.

Bei der Verarbeitung keramikgefüllter Photopolymere stellen sich gegenüber der Verarbeitung von ungefüllten Photopolymeren folgende Probleme:

- Die Grünfestigkeit der polymerisierten Körper ist deutlich geringer (kleiner 10 MPa) als die Festigkeit eines ungefüllten Polymers (typischerweise ca. 20 bis 60 MPa). Dadurch ist der keramikgefüllte Photopolymerkörper mechanisch deutlich weniger belastbar (z.B. beim Abtrennen der

zuletzt gebildeten Schicht von der Platte bzw. Folie, durch die hindurch von unten belichtet wurde).

- Durch den hohen Anteil an Keramikpartikeln kommt es zu ausgeprägter Lichtstreuung, und die Eindringtiefe des verwendeten Lichtes ist deutlich reduziert. Damit verbunden ist eine ungleichmäßige Polymerisation in z-Richtung (Strahlungsrichtung) bei Schichtdicken von mehr als 20 μm . Durch die geringe Eindringtiefe ist es auch schwierig, eine zuverlässige Haftung der ersten Schicht direkt an der Bauplattform zu erreichen. Bei keramikgefüllten Monomermaterial kann jedoch nicht gewährleistet werden, dass die anfängliche Startschicht ausreichend dünn ist (z.B. kleiner als 75 μm). Somit ließe sich auch bei sehr langer Belichtung der ersten Schicht eine reproduzierbare Haftkraft an der Bauplattform nicht gewährleisten.
- Im Vergleich zu ungefüllten Photopolymeren sind keramikgefüllte photopolymerisierbare Materialien deutlich viskoser. Dies stellt erhöhte Anforderungen an den verwendeten Beschichtungsmechanismus. Insbesondere kann die Zeit, die bis zum Nachfließen von keramikgefülltem Photopolymer nach Anheben der Bauplattform benötigt wird, erheblich länger sein. Auch stellt das Anheben und Absenken der Bauplattform in einem hochviskosen Photopolymermaterial erhöhte Anforderungen, um Beschädigungen des Bauteils zu vermeiden.
- Aufgrund der hohen Grundviskosität sind keramikgefüllte Photopolymere empfindlicher hinsichtlich Gelierung durch Streulicht oder Umgebungslicht. Bereits kleine Lichtintensitäten sind ausreichend, um durch die stattfindende Polymerisation die Viskosität des Materials über die zulässige Grenze anzuheben.

- 5 -

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein aufbauendes Verfahren und eine Vorrichtung zur Verarbeitung lichtpolymerisierbarer Materialien zum Aufbau von Formkörpern unter Anwendung einer lithographischen schnellen Prototypenbauweise so zu verbessern, dass damit auch höher viskose lichtpolymerisierbare Materialien, insbesondere keramikgefüllte Photopolymere, besser verarbeitet werden können.

Zur Lösung dieser Aufgabe dient die Vorrichtung nach Patentanspruch 1 und das Verfahren nach Patentanspruch 14. Vorteilhaft ausgeführte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Wanne horizontal beweglich bezüglich der Belichtungseinheit und der Bauplatzform ist und dass eine Zufuhreinrichtung vorgesehen ist, die unter Steuerung der Steuereinheit lichtpolymerisierbares Material in die Wanne ausbringt, wobei Belichtungseinheit und Bauplatzform horizontal auf Abstand zur Zufuhreinrichtung angeordnet sind, und dass die Steuereinheit dazu vorbereitet ist, die Wanne zwischen aufeinanderfolgenden Belichtungsschritten in vorgegebener Weise in einer horizontalen Ebene durch einen Antrieb zu bewegen, um so von der Zufuhreinrichtung auf den Wanneboden ausgebrachtes lichtpolymerisierbares Material in den Bereich zwischen Belichtungseinheit und Bauplatzform zu bringen.

In einer bevorzugten Ausführungsform liegt in Bewegungsrichtung der Wanne zwischen der Zufuhreinrichtung und der Beleuchtungseinheit/Bauplatzform eine Aufbringvorrichtung, insbesondere eine Rakel oder eine Rolle, deren Höhe über dem Wanneboden einstellbar ist, um auf die von der Zufuhreinrichtung ausgegebene Schicht aus lichtpolymerisierbarem Material einzuwirken und diese vor Erreichen des Zwischenraums zwischen Belich-

tungseinheit und Bauplattform auf eine einheitliche Dicke zu bringen.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Belichtungseinheit unterhalb des Wannenbodens zur Belichtung des wenigstens teilweise lichtdurchlässigen (transparenten oder transluzenten) Wannenbodens von unten angeordnet, und ist die Bauplattform in einem Hubmechanismus durch die Steuereinheit höhenverstellbar oberhalb des Wannenbodens gehalten.

Vorzugsweise ist die Steuereinheit dazu vorbereitet, die Dicke der Schicht, nämlich den Abstand zwischen der Bauplattform oder der letzten erzeugten Schicht und dem Wannenboden, über den Hubmechanismus einzustellen.

Vorzugsweise ist in dem Hubmechanismus ein mit der Steuereinheit verbundener Kraftaufnehmer vorhanden, der dazu in der Lage ist, die von dem Hubmechanismus auf die Bauplattform ausgeübte Kraft zu messen und das Messergebnis an die Steuereinheit zu senden, wobei die Steuereinheit dazu vorbereitet ist, die Bauplattform mit einem vorgegebenen Kraftverlauf zu bewegen. Insbesondere bei keramikgefüllten lichtpolymerisierbaren Materialien können aufgrund der hohen Viskosität beim Herunterfahren in das oder beim Herauffahren der Bauplattform aus dem viskosen Material große Kräfte auftreten, die durch das Verdrängen beziehungsweise Ansaugen des viskosen Materials zwischen Bauplattform und Wannenboden bedingt sind. Um die auftretenden Kräfte zu beschränken und dennoch eine möglichst hohe Absenk- beziehungsweise Anhebegeschwindigkeit zu ermöglichen, was den Produktionsprozess insgesamt beschleunigt, kann die Steuereinheit durch eine Kraftmessung den Hubmechanismus in optimaler Weise kraftgesteuert einsetzen.

Zur Ausführung der horizontalen Bewegung zwischen aufeinanderfolgenden Belichtungsschritten kann die Wanne mit ihrem Boden

um eine zentrale Achse drehbar gelagert sein und durch einen Antrieb zwischen aufeinanderfolgenden Belichtungsschritten um einen vorgegebenen Winkel gedreht werden. Die Belichtungseinheit und die darüberliegende Bauplattform liegen radial gegenüber der zentralen Achse nach außen versetzt, so dass bei aufeinanderfolgenden Belichtungsschritten und dazwischen erfolgenden Drehbewegungsschritten schließlich eine Kreisringform des Wannenbodens überstrichen wird. Die Aufbringvorrichtung, z.B. Rakel oder Rolle oder Kombinationen daraus, liegt dann in Bewegungsrichtung zwischen Zufuhreinrichtung einerseits und Belichtungseinheit und Bauplattform andererseits, so dass der Belichtungsprozess nach Einwirken der Aufbringvorrichtung auf die Materialschicht erfolgt. Es können noch mehrere Rakel oder Rollen oder Kombinationen davon vorgesehen sein, um eine glattstreichende und eine walzende Einwirkung auf die Schicht zu nehmen. Die Aufbringvorrichtung kann insbesondere auch von einer Kante eines Ausgabekanals der Zufuhreinrichtung gebildet sein, die in einstellbarer Höhe über dem Wannenboden liegt.

Als Alternative zur Drehbewegung kann die Wanne entlang einer Linie versetzbar gelagert und ein Antrieb vorgesehen sein, der in der Lage ist, unter Steuerung der Steuereinheit die Wanne zwischen aufeinanderfolgenden Belichtungsschritten um einen vorgegebenen Weg zu verschieben.

Durch geeignete Wahl der Größe der Bewegungsschritte der Wanne können Strategien durchgeführt werden, die es erlauben, den Wannenboden an immer neuen Stellen zu belichten, so dass ein Anhaften des lichtpolymerisierbaren Materials am Wannenboden durch mehrfaches Belichten an derselben Stelle des Wannenbodens reduziert werden kann. Bei einer Drehbewegung der Wanne ist z.B. das Verhältnis Vollkreis (360°) zum Drehwinkelschritt vorzugsweise nicht ganzzahlig, insbesondere auch keine rationale Zahl. Alternativ können die Drehwinkelschritte auch in vorgegebener oder zufälliger Weise variiert werden, so dass

die Polymerisation in immer anderen Bereichen der Wanne erfolgt.

Vorzugsweise werden in der Vorrichtung als Lichtquelle der Belichtungseinheit und/oder der weiteren Belichtungseinheit Leuchtdioden eingesetzt. Herkömmlich wurden bei Stereolithographieprozessen mit Maskenprojektion Quecksilberdampflampen eingesetzt, was aber Nachteile mit sich bringt, da die Leuchtdichte solcher Quecksilberdampflampen zeitlich und räumlich in beträchtlichem Ausmaß variieren kann, was häufig zu wiederholende Kalibrationen erforderlich machte. Daher ist der Einsatz von Leuchtdioden bevorzugt, die räumlich und zeitlich deutlich geringere Intensitätsvariationen zeigen. Gleichwohl ist die Vorrichtung in einer bevorzugten Ausführungsform dazu vorbereitet, in vorgegebenen Intervallen automatisch eine Korrektur oder Kompensation von Intensitätsvariationen durchzuführen. Dazu kann vorgesehen sein, dass die Belichtungseinheit einen Referenzsensor aufweist, der als ein das gesamte Belichtungsfeld abtastender Photosensor oder als eine das gesamte Belichtungsfeld erfassende CCD-Kamera ausgebildet ist. Die Steuereinheit ist dazu vorbereitet, in einem Kalibrationsschritt die Belichtungseinheit mit einem über das gesamte Belichtungsfeld vorgegebenen Ansteuerungssignal für die Belichtungseinheit zu belichten und das von dem Referenzsensor erfasste Intensitätsmuster über das Belichtungsfeld zur Berechnung einer ortsabhängigen Kompensation zu verwenden, deren Anwendung eine gleichmäßige Intensität bei vorgegebenem Ansteuerungssignal im gesamten Belichtungsfeld ergibt. Anders ausgedrückt liefert die Kompensationsmaske ortsabhängig im Belichtungsfeld eine Beziehung zwischen der die Belichtungseinheit ansteuernden Signalamplitude und der jeweils daraus resultierenden tatsächlichen Intensität. Dadurch können zeitabhängig oder permanent auftretende Variationen der örtlichen Intensitätsverteilung im Belichtungsfeld kompensiert werden, indem die Belichtungseinheit von der Steuereinheit mit einer zu dem im letzten Kali-

brationsschritt bei vorgegebenem Ansteuerungssignal tatsächlich erfassten Intensitätsmuster umgekehrten Maske ortsabhängig gesteuert wird, so dass eine gleichmäßige tatsächliche Intensität im Belichtungsfeld erreichbar ist.

Vorzugsweise werden Leuchtdioden eingesetzt, die Licht mit unterschiedlichen Lichtwellenlängen emittieren. Damit ist es möglich, verschiedene Materialien mit unterschiedlichen Photoinitiatoren in derselben Vorrichtung zu verarbeiten.

Die Belichtungseinheit ist vorzugsweise zur Emission von Licht mit einer mittleren Intensität von 1 mW/cm² bis 2000 mW/cm², insbesondere 5 Wm/cm² bis 50 mW/cm², ausgelegt.

Die Belichtungseinheit weist vorzugsweise einen räumlichen Lichtmodulator auf, insbesondere ein von der Steuereinheit angesteuertes Mikrospiegelfeld.

In einer bevorzugten Ausführungsform liegt in Drehrichtung hinter dem Bereich der Belichtungseinheit und Bauplattform ein in vorgegebbarer Höhe über dem Wannensboden positionierbarer Wischer, der für eine erneute Verteilung des Materials nach dem Polymerisationsprozess ausgestaltet ist. Nach einem Belichtungsschritt bleibt nach Anheben der Bauplattform auf dem Wannensboden in der Materialschicht eine Zone ohne lichtpolymerisierbares Material zurück, die der Form der zuletzt gebildeten Schicht entspricht. Diese Zone wird durch erneutes Verteilen des Materials am Wannensboden spätestens beim Passieren des Wischers wieder aufgefüllt.

Vorzugsweise ist die Vorrichtung dazu ausgestaltet, um bei Einleitung des Anhebens der Bauplattform nach einem Belichtungsschritt unter Steuerung der Steuereinheit eine relative Kippbewegung zwischen Bauplattform und Wannensboden auszuführen, wodurch eine schonendere Trennung der polymerisierten Ma-

terialschicht vom Wannenboden und damit eine geringe Belastung des Formkörpers erreicht wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind eine Mehrzahl von Wannen, denen jeweils eine Zufuhreinrichtung für eines aus einer Mehrzahl von lichtpolymerisierbaren Materialien zugeordnet ist, und ein Antrieb vorhanden, der in der Lage ist, gesteuert durch die Steuereinheit jeweils eine der Wannen in einer ausgewählten vorgegebenen Reihenfolge zwischen die Belichtungseinheit und Bauplattform zu bewegen, wobei diese Bewegung eine lineare Bewegung bei serieller Anordnung mehrerer Wannen oder eine rotierende Bewegung bei der Anordnung mehrerer Wannen entlang einer gekrümmten Bahn ist, wodurch Schichten aus verschiedenen Materialien nach Maßgabe der ausgewählten vorgegebenen Reihenfolge aufgebaut werden können. Die unterschiedlichen Materialien können sich nach ihrer Farbe und sonstigen Materialeigenschaften unterscheiden, insbesondere nach optischen und mechanischen Eigenschaften, um so eine gewünschte Materialschichtung in dem Formkörper zu erreichen. Vorzugsweise wird beim Wechsel von einer Wanne zu einer anderen die Verschleppung von Material aus der einen Wanne in die andere Wanne unterdrückt, um die Verunreinigung der Materialien in den Wannen zu vermeiden. Dazu kann insbesondere vorgesehen sein, dass die Bauplattform mit den daran bereits gebildeten Schichten nach Anheben aus der einen Wanne durch eine Reinigungseinheit, insbesondere durch ein Bad mit Lösungsmittel, geführt wird, um anhaftendes nicht-polymerisiertes Material zu entfernen.

Eine Wann im Sinne der im vorhergehenden Absatz beschriebenen Ausführungsform bedeutet ein abgeteilter, nach oben offener Aufnahmeraum für lichtpolymerisierbares Material. Insbesondere kann daher auch ein einzelner Wannenkörper durch Trennwände in mehrere voneinander getrennte Wannensegmente unterteilt sein

und so eine Mehrzahl von Wannen im Sinne dieser Erfindung bilden.

Vorzugsweise weist die Zufuhreinrichtung eine Aufnahme zum Einsetzen einer Kartusche mit lichtpolymerisierbarem Material auf, um auf einfache Weise das für den jeweiligen Bauprozess gewünschte lichtpolymerisierbare Material zum Einsatz bringen zu können.

Vorzugsweise ist die Unterseite der Bauplattform mit einer Strukturierung z.B. aus Noppen, Rillen oder Nuten versehen, die in oder auf der unteren Oberfläche selbst und/oder in oder auf einer darauf aufgetragenen Beschichtung oder Folie vorgesehen ist. Vorzugsweise wird der wenigstens teilweise lichtdurchlässige Wannenboden durch eine einen Polymerisationsinhibitor enthaltende Folie oder Platte gebildet. Die Bauplattform kann insbesondere aus einem hochtemperaturbeständigen Material bestehen, vorzugsweise aus Zirkoniumoxid, Aluminiumoxid, Saphirglas oder Quarzglas.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren der oben genannten Art ist dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Wanne horizontal in eine Zufuhrstellung versetzbar ist, die Zufuhreinrichtung lichtpolymerisierbares Material wenigstens auf ein Belichtungsfeld des Wannenbodens ausbringt, bevor die Wanne in eine Belichtungsstellung versetzt wird, in der sich das Belichtungsfeld unterhalb der Bauplattform und oberhalb der Belichtungseinheit befindet, und die Belichtung erfolgt.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Verteilung des zugeführten lichtpolymerisierbaren Materials in einer vorgegebenen Schichtdicke auf dem Wannenboden, insbesondere auf dem Belichtungsfeld, während des Versetzens der Wanne aus der Zufuhrstellung in die Belichtungsstellung mit Hilfe einer zwischen der Zufuhreinrichtung und der Belichtungseinheit sowie

der Bauplattform angeordneten Aufbringvorrichtung, zum Beispiel einer Rakel oder einer Rolle, deren Höhe über dem Wannboden einstellbar ist, vorgenommen.

Vorzugsweise wird anschließend die Bauplattform, gegebenenfalls mit den daran bereits gebildeten Schichten, durch den Hubmechanismus unter Steuerung der Steuereinheit wieder in das nachgeführte lichtpolymerisierbare Material abgesenkt, so dass lichtpolymerisierbares Material aus dem verbleibenden Zwischenraum zum Wannboden verdrängt wird, und wird der Abstand zwischen der unteren Oberfläche der zuletzt gebildeten Schicht und dem Wannboden in vorgegebener Weise von der Steuereinheit eingestellt. Auf diese Weise kann durch einen mechanisch präzises Einstellen der Bauplattform über dem Wannboden die Dicke der zu bildenden Schicht, die dem Abstand zwischen unterer Oberfläche der zuletzt gebildeten Schicht und dem Wannboden entspricht, präzise eingestellt werden.

Vorzugsweise wird die erste Schicht des lichtpolymerisierbaren Materials an eine an der Unterseite der Bauplattform angeordnete, gegebenenfalls entfernbare Folie oder Beschichtung anpolymerisiert.

Vorzugsweise erfolgt das Verschieben der Bauplattform durch Anheben und/oder Absenken kraftgesteuert nach Maßgabe eines vorgegebenen Kraftverlaufs, d.h. die von dem Hubmechanismus auf die Bauplattform ausgeübte Kraft wird auf vorgegebene Kriterien hin beschränkt. Dadurch können die auftretenden Kräfte, die insbesondere bei höher viskosen Materialien erheblich sein können und die den Aufbau des Formkörpers beschädigen könnten, beschränkt werden und dennoch eine möglichst hohe Absenk- bzw. Anhebegeschwindigkeit der Bauplattform in das bzw. aus dem lichtpolymerisierbaren Material ermöglicht werden, was die Geschwindigkeit des Produktionsprozesses insgesamt optimiert, da immer mit der höchsten Geschwindigkeit, bei

der Beschädigungen noch vermieden werden, gearbeitet werden kann.

Um den Aufbau von Formkörpern unter Verwendung von verschiedenen Materialien zu ermöglichen, kann in aufeinanderfolgenden Schichtaufbausritten in einer auswählbaren Reihenfolge eine Mehrzahl von verschiedenen Materialien zum Schichtaufbau verwendet werden, indem eine Mehrzahl von Wannen, denen jeweils eine Zufuhreinrichtung mit einem aus der Mehrzahl von Materialien zugeordnet ist, in einer ausgewählten Reihenfolge zwischen Belichtungseinheit und Bauplattform bewegt wird, wobei diese Bewegung eine lineare Bewegung bei serieller Anordnung mehrerer Wannen oder eine rotierende Bewegung bei Anordnung mehrerer Wannen entlang einer gekrümmten Bahn ist. Die unterschiedlichen Materialien können sich nach ihrer Farbe und sonstigen Materialeigenschaften unterscheiden, insbesondere nach optischen und mechanischen Eigenschaften, um so eine gewünschte Materialschichtung in dem Formkörper zu erreichen.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird für die Herstellung des Formkörpers ein partikelgefülltes, beispielsweise keramikgefülltes, lichtpolymerisierbares Material verwendet und aus dem fertigen Formkörper die organischen Bestandteile ausgebrannt werden, bevor der Formkörper gesintert wird. Vorzugsweise kann der Partikelanteil des lichtpolymerisierbaren Materials aus einer Oxidkeramik oder einer Glaskeramik bestehen.

Vorzugsweise wird das lichtpolymerisierbare Material an der Unterseite der Bauplattform durch Belichten von unten polymerisiert, wonach die Bauplattform relativ zu einer Wanne für das lichtpolymerisierbare Material nach jedem Belichtungsschritt angehoben wird und lichtpolymerisierbares Material unter die zuletzt gebildete Schicht nachgeführt wird. Dabei kann die erste Schicht des lichtpolymerisierbaren Materials an ei-

ner an der Unterseite der Bauplattform angeordneten, entfernbaren Folie oder Beschichtung anpolymerisiert werden.

Der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren herzustellende Formkörper kann zum Beispiel ein Grünling für eine Dentalrestauration sein, wobei das lichtpolymerisierbare Material in diesem Fall zum Beispiel ein keramikgefülltes Photopolymer sein kann. Die Bauplattform weist vorzugsweise eine Platte aus einem hochtemperaturbeständigen Material auf, vorzugsweise aus Zirkonoxid, Aluminiumoxid, Saphirglas oder Quarzglas. Auf einen solchen keramischen Träger kann eine transparente Polymerfolie aufgeklebt sein, um die Bauplattform zu bilden, wobei die Polymerfolie auf der Seite, die mit dem Photopolymer in Kontakt kommt, mit Strukturierungen wie Noppen, Rillen oder dergleichen versehen sein kann, um eine bessere Anhaftung des keramikgefüllten Photopolymers zu erreichen. Nach dem sukzessiven Aufbau des Grünlings kann die Bauplattform mit dem daran anhafteten Grünling entnommen und direkt in den Sinterofen eingebracht werden. Beim Entbindern des Bauteils zersetzt sich neben der organischen Harzkomponente auch die Polymerfolie der Bauplattform und der gesinterte Keramikkörper liegt somit nach dem Sintern lose auf der Platte der Bauplattform und kann entnommen werden.

Vorzugsweise kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung des Formteils ein Kunststoff verwendet werden, wobei das Formteil nach dessen Herstellung in einer Einbettmasse eingebettet und nach Erstarrung der Einbettmasse ausgebrannt wird und wobei die entstandenen Hohlräume in der Einbettmasse ein anderes Material, insbesondere ein Dentalkeramikmaterial oder Metall oder eine Legierung eingepresst wird.

Bei einem bevorzugten Verfahren kann für die Herstellung des Formteils ein Dentalkomposit verwendet werden und das Formteil

nach dessen Herstellung vergütet und anschließend poliert oder lackiert und anschließend vergütet werden.

Vorzugsweise besteht bei einem erfindungsgemäßen Verfahren der Keramikanteil des keramikgefüllten Photopolymers aus einer Oxidkeramik oder einer Glaskeramik, insbesondere Zirkoniumoxid, Aluminiumoxid, Lithiumdisilikat, Leuzitglaskeramik, Apatit-Glaskeramik oder Mischungen daraus.

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren wird vorzugsweise nach Durchführung eines Belichtungsschrittes bei ruhender Wanne die Bauplattform angehoben, um die gebildete Schicht vom Wanneboden abzuheben. Vorzugsweise wird dazu eine leichte relative Kippbewegung zwischen Bauplattform und Wanneboden durchgeführt, da nach der Polymerisation eine Anhaftung der gebildeten Schicht an dem Wanneboden bei senkrechtem Ziehen nach oben zu einer zu starken mechanischen Belastung der gerade gebildeten Schicht beziehungsweise des gesamten Bauteils führen könnte. Nach Anheben der Bauplattform bleibt auf dem Wanneboden in der Materialschicht eine Zone ohne lichtpolymerisierbares Material zurück, die der Form der zuletzt gebildeten Schicht entspricht. Diese Zone wird durch erneutes Verteilen des Materials am Wanneboden spätestens beim Passieren der Rake oder der Rolle oder durch einen optionalen zusätzlichen Wischer wieder aufgefüllt.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben, in denen:

Figur 1 eine seitliche Draufsicht, teilweise im Schnitt auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung zeigt,

Figur 2 eine Draufsicht auf die Vorrichtung aus Figur 1 von oben zeigt,

Fig. 3 bis 5 zeigen eine Teilansicht der Vorrichtung aus Fig. 1 im Bereich von Bauplattform und Wannensboden in aufeinanderfolgenden Arbeitsschritten,

Fig. 6 zeigt auf Draufsicht von oben für eine zweite Ausführungsform der Vorrichtung,

Fig. 7 eine seitliche Draufsicht, teilweise im Schnitt, auf die Vorrichtung der zweiten Ausführungsform aus Fig. 6 zeigt, und

Fig. 8 eine Draufsicht von oben auf eine dritte Ausführungsform der Vorrichtung zeigt.

Das folgende Ausführungsbeispiel bezieht sich auf die Herstellung eines Grünlings für eine Dentalrestauration.

Es werden zunächst mit Bezug auf die Fig. 1 und 2 die Hauptkomponenten der Vorrichtung beschrieben.

Die Vorrichtung weist in der in Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungsform ein Gehäuse 2 auf, das zur Unterbringung und Anbringung der übrigen Komponenten der Vorrichtung dient. Die Oberseite des Gehäuses 2 wird durch eine Wanne 4 bedeckt, die zumindest in den für Belichtungen vorgesehenen Bereichen einen lichtdurchlässigen und ebenen Wannensboden hat.

Unter dem Wannensboden 4 ist in dem Gehäuse 2 eine Belichtungseinheit 10 vorgesehen, die gesteuert von einer Steuereinheit 11 ein vorgegebenes Belichtungsfeld an der Unterseite des Wannensbodens 6 selektiv mit einem Muster in gewünschter Geometrie belichten kann.

Vorzugsweise weist die Belichtungseinheit 10 eine Lichtquelle 15 mit einer mehreren Leuchtdioden 23 auf, wobei im Belich-

- 17 -

tungsfeld vorzugsweise eine Lichtleistung von etwa 15 bis 20 mW/cm² erreicht wird. Die Wellenlänge des von der Belichtungseinheit abgestrahlten Lichts liegt vorzugsweise im Bereich von 400 bis 500 nm. Das Licht der Lichtquelle 15 wird über einen Lichtmodulator 17 ortsselektiv in seiner Intensität moduliert und in dem resultierenden Intensitätsmuster mit gewünschter Geometrie auf das Belichtungsfeld an der Unterseite des Wannensbodens 6 abgebildet. Als Lichtmodulatoren können verschiedene Arten von sogenannten DLP-Chips (digital light processing chips) dienen, wie zum Beispiel Mikrospiegelfelder, LCD-Felder und dergleichen. Alternativ kann als Lichtquelle ein Laser verwendet werden, dessen Lichtstrahl über einen beweglichen Spiegel, der von der Steuereinheit gesteuert werden kann, das Belichtungsfeld sukzessive abtastet.

Über der Belichtungseinheit 10 ist jenseits des Wannensbodens 6 eine Bauplattform 12 vorgesehen, die von einem Hubmechanismus 14 mit einem Trägerarm 18 gehalten wird, so dass sie in höhenverstellbarer Weise über dem Wannensboden 6 über der Belichtungseinheit 10 gehalten wird. Die Bauplattform 12 ist ebenfalls transparent oder transluzent.

Über der Bauplattform 12, die lichtdurchlässig ausgebildet ist, ist eine weitere Belichtungseinheit 16 angeordnet, die ebenfalls von der Steuereinheit 11 angesteuert wird, um zumindest bei der Bildung der ersten Schicht unter der Bauplattform 12 auch Licht von oben durch die Bauplattform 12 einzustrahlen, um dadurch eine sichere und verlässlich reproduzierbare Polymerisation und Anhaftung der ersten polymerisierten Schicht an der Bauplattform zu erreichen.

Oberhalb der Oberfläche der Wanne 4 ist ferner eine Zufuhreinrichtung 8 mit einem Reservoir in Form einer austauschbaren Kartusche 9 gefüllt mit lichtpolymerisierbarem Material vorgesehen. Aus der Zufuhreinrichtung 8 kann sukzessive unter

Steuerung der Steuereinheit 11 keramikgefülltes lichtpolymerisierbares Material auf den Wannenboden 6 ausgegeben werden. Die Zufuhreinrichtung wird von einem höhenverstellbaren Träger 34 gehalten.

Die Wanne 4 ist an dem Gehäuse 2 mit einem Lager 7 um eine vertikale Achse 22 drehbar gelagert. Es ist ein Antrieb 24 vorgesehen, der von der Steuereinheit 11 angesteuert die Wanne 4 in eine gewünschte Drehstellung einstellt.

In Drehrichtung zwischen Belichtungseinheit 12 und Zufuhreinrichtung 8 kann ein Wischer 30 mit einstellbarer Höhe über dem Wannenboden 6 angeordnet sein, der unterschiedliche Funktionen übernehmen kann, wie weiter unten erläutert.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich, liegt zwischen der Zufuhreinrichtung 8 und der Belichtungseinheit 12 oberhalb des Wannenbodens 6 eine Aufbringvorrichtung 26, hier in Form einer Rakel 26, die in einstellbarer Höhe über dem Wannenboden 6 positionierbar ist, um so Material, das aus der Zufuhreinrichtung 8 auf den Wannenboden 6 ausgegeben worden ist, durch Vorbeibewegung an der Aufbringvorrichtung glattzustreichen, bevor es die Belichtungseinheit 12 erreicht, um dadurch eine gleichmäßige Verteilung und vorgegebene Schichtdicke sicherzustellen. Alternativ oder zusätzlich zu der Rakel können eine oder mehrere Walzen oder weitere Rakel zu der Aufbringvorrichtung gehören, um in glättender Weise auf die Materialschicht einzuwirken.

Der die Bauplattform 12 tragende Schwenkarm 18 ist über ein Drehgelenk 20 mit dem vertikal verschiebbaren Teil des Hubmechanismus 14 verbunden. In dem Hubmechanismus 14 ist ferner ein Kraftaufnehmer 29 vorgesehen, der die von dem Hubmechanismus 14 beim Absenken bzw. Anheben der Bauplattform 12 auf diese ausgeübte Kraft misst und das Messergebnis zu der Steuereinheit 12 sendet. Diese ist wie weiter unten beschrieben dazu

ausgestaltet, um den Hubmechanismus 14 nach eine vorgegebenen Kraftverlauf zu steuern, z.B. die auf die Bauplattform 12 ausgeübte Kraft auf einem Maximalwert zu begrenzen.

Die Funktionsweise der in den Figuren 1 und 2 dargestellten Vorrichtung kann zusammenfassend folgendermaßen beschrieben werden. Aus der Zufuhreinrichtung 8 wird gesteuert durch die Steuereinheit eine vorgegebene Materialmenge von keramikgefülltem lichtpolymerisierbaren Material 5 auf den Wanneboden 6 ausgegeben. Durch Ansteuerung des Antriebs 24 veranlasst die Steuereinheit 11 eine Drehung des Wannebodens 6 um die Drehachse 22, so dass das ausgegebene Material die Aufbringvorrichtung 26, hier einer Rakel, passiert, die das lichtpolymerisierbare Material auf eine vorgegebene Schichtdicke 32 glättet, die durch die Höheneinstellung der Aufbringvorrichtung 26 bestimmt wird. Weiter wird das Material durch Drehung der Wanne 4 bis in den Bereich zwischen der Bauplattform 12 und der Belichtungseinheit 10 bewegt.

Hier folgt nun, nach Stoppen der Drehbewegung der Wanne 4, das Absenken der Bauplattform 12 in die auf dem Wanneboden 6 gebildete Schicht aus lichtpolymerisierbaren Material 5, was im Folgenden anhand der Fig. 3 bis 5 erläutert wird. In dem in Fig. 3 gezeigten Zustand ist auf dem Wanneboden eine Schicht aus lichtpolymerisierbaren Material 5 mit einer vorgegebenen Dicke 32 gebildet, wobei sich die Bauplattform 12 in diesem Zustand noch oberhalb der Schicht 5 befindet. An der Unterseite der Bauplattform 12 ist eine Folie 13 angebracht, auf die weiter unten eingegangen wird. Aus dem in Fig. 3 dargestellten Zustand erfolgt nun ein Absenken der Bauplattform 12 durch den von der Steuereinheit 11 gesteuerten Hubmechanismus 14, so dass die Bauplattform 12 mit der Folie 13 an der Unterseite in die Schicht aus lichtpolymerisierbaren Material 5 eintaucht und dieses bei weiterem Absenken teilweise aus dem Zwischenraum zwischen der Folie 13 und der oberen Oberfläche des Wan-

- 20 -

nenbodens 6 verdrängt. Durch den Hubmechanismus 14 wird die Bauplattform 12 von der Steuereinheit 11 gesteuert so zu dem Wannensboden abgesenkt, dass eine Schicht mit einer präzise vorgegebenen Schichtdicke 21 zwischen Bauplattform und Wannensboden definiert wird. Dadurch lässt sich die Schichtdicke 21 des zu polymerisierenden Materials präzise steuern.

Beim Eintauchen der Bauplattform 12 in das lichtpolymerisierbare Material 5 und dem weiteren Absenken in die in Fig. 4 gezeigte Stellung können insbesondere bei Verdrängung von höher viskosem Material große Kräfte auftreten, wenn das Absenken der Bauplattform mit vorgegebener Geschwindigkeit erfolgen würde. Um zu verhindern, dass die aufzubauenden Materialschichten beim Absenken der Bauplattform 12 in das lichtpolymerisierbare Material 5 zu großen Kräften ausgesetzt ist, ist in dem Hubmechanismus der oben erwähnte Kraftaufnehmer 29 vorhanden, der die auf die Bauplattform 12 ausgeübte Kraft misst und das Messsignal an die Steuereinheit 11 sendet. Diese ist nun dazu vorbereitet, den Hubmechanismus so zu steuern, dass die von dem Kraftaufnehmer 29 erfasste Kraft vorgegebenen Kriterien folgt, insbesondere dass die ausgeübte Kraft eine vorgegebene Maximalkraft nicht überschreitet. Dadurch kann das Absenken der Bauplattform 12 das lichtpolimerisierbare Material 5 hinein und das Anheben der Bauplattform daraus heraus einerseits so gesteuert durchgeführt werden, dass die auf die Bauplattform und damit auch auf die bereits gebildeten Schichten ausgeübten Kräfte begrenzt werden und dadurch Beschädigungen beim Aufbau des Formkörpers vermieden werden, und andererseits das Absenken und Anheben der Bauplattform 12 mit der maximal möglichen Geschwindigkeit, bei der Beschädigungen des aufzubauenden Formkörpers gerade noch vermieden werden, durchgeführt werden können, um so eine optimale Prozessgeschwindigkeit zu erreichen.

Nach dem Absenken der Bauplattform in das lichtpolymerisierbare Material 5 in die in Fig. 4 gezeigte Stellung folgt nun der erste Belichtungsschritt zur Polymerisation der ersten Schicht 28 an der Bauplattform 12, wobei dabei auch die weitere Belichtungseinheit 16 betätigt wird (gleichzeitig oder zeitlich versetzt), um ein sicheres Anhaften der ersten Polymerisationsschicht 28 an der Bauplattform zu gewährleisten. Während des Belichtungsprozesses bleibt die Wanne 4 ruhig gehalten, d.h. der Antrieb 24 bleibt abgeschaltet. Nach dem Belichten einer Schicht wird die Bauplattform 12 durch den Hubmechanismus 14 angehoben. Dabei wird vorzugsweise aber zunächst vor dem Anheben der Bauplattform 12 eine relative Kippbewegung zwischen der Bauplattform 12 und dem Wanneboden 6 durchgeführt. Diese leichte Kippbewegung soll zu einer mechanisch wenig belastenden Ablösung der zuletzt polymerisierten Schicht des Formkörpers 27 vom Wanneboden 6 dienen. Nach dieser Kippbewegung und Ablösung der zuletzt gebildeten Schicht wird die Transportplattform um eine vorgegebene Strecke angehoben, wie in Fig. 5 gezeigt, so dass die zuletzt gebildete Schicht an dem Formkörper 27 über dem lichtpolymerisierbaren Material 5 liegt.

Anschließend wird wieder Material aus der Zufuhreinrichtung 8 ausgegeben und die Wanne 4 durch den Antrieb 24 um einen vorgegebenen Drehwinkel gedreht, wobei das sich an der Rakel vorbeibewegende Material wieder auf eine einheitliche Schichtdicke gebracht wird. Diese Schrittfolge wird unter Bildung von aufeinanderfolgenden Schichten vorgegebener Konturform solange fortgesetzt, bis die Aufeinanderfolge von Schichten mit jeweils vorgegebener Geometrie die gewünschte Form des keramischen Grünlings ergibt.

Der hinter der Belichtungseinheit vorgesehene Wischer 30 über dem Wanneboden 6 kann verschiedene Funktionen haben. Er kann zum Beispiel, wenn er ganz auf den Wanneboden 6 abgesenkt

- 22 -

ist, dazu dienen, das Material von dem Wannensboden zu sammeln und abzuleiten oder in die Zufuhreinrichtung 8 zurückzuführen, was am Ende eines Bauprozesses erfolgen sollte. Während eines Bauprozesses dient der Wischer 30, wenn er leicht gegenüber dem Wannensboden 6 angehoben ist, dazu, das Material wieder zu verteilen, insbesondere wieder Material in die "Löcher" zu schieben, die durch einen Belichtungsprozess in der Materialschicht nach Anheben der Bauplattform 12 entstanden sind.

Nach der Beendigung eines Bauprozesses kann die Bauplattform 12 mit der darüber angebrachten Belichtungseinheit 16 insgesamt durch Schwenken des Schwenkarms 18 um das Gelenk 20 nach oben geschwenkt werden, wie in Figur 1 gestrichelt angedeutet ist. Danach besteht besser Zugang zu der Wanne 4, um diese zum Beispiel reinigen oder austauschen zu können.

Nach dem beschriebenen Aufbau des Grünlings aus polymerisiertem keramikgefülltem Material muss dieser aus der Vorrichtung entnommen und einem Brennofen zugeführt werden, in dem durch die Temperaturbehandlung eine Zersetzung des polymerisierten Bindemittels (Entbindern) herbeigeführt und eine Sinterung des Keramikmaterials durchgeführt wird. Zur Vereinfachung der Handhabung des aufgebauten Körpers ist die Bauplattform so gestaltet, dass sie von dem Trägerarm 18 leicht lösbar ist. Dann kann die Bauplattform mit dem daran haftenden aufgebauten keramikgefüllten Formkörper 27 von ihrem Träger 18 abgenommen und in einem Brennofen platziert werden. Um diese bevorzugte einfache Entnahme des aufgebauten Dentalrestaurationskörpers aus keramikgefülltem Polymer zu ermöglichen, muss die Bauplattform aber aus einem hochtemperaturbeständigen Material hergestellt sein, wozu zum Beispiel Zirkonoxid, Aluminiumoxid, Saphirglas oder Quarzglas dienen können. Als Alternative dazu ist eine selbstklebende, transparente Folie möglich, welche auf der dem Photopolymer zugewandten Seite für eine bessere Anhaftung mit Noppen, Rillen, Ritzen etc. strukturiert sein

kann, und welche nach dem Bauprozess durch einfaches Ablösen von der Bauplattform oder samt der Bauplattform abgenommen und samt der Folie in den Brennofen zur Entbinderung/Sinterung gegeben werden kann.

Fig. 6 und 7 zeigen gegenüber der Vorrichtung aus den Fig. 1 und 2 mit drehbarer Wanne eine alternative Ausführungsform, in der die Wanne 54 linear hin und her beweglich ausgestaltet ist. In dieser Ausführungsform ist am Gehäuse 52 eine Wanne 54 linear beweglich in einem Lager 57 gelagert. Oberhalb der Wanne 54 ist die Zufuhreinrichtung 58 in höhenverstellbarer Weise angeordnet. In Bezug auf die lineare Bewegungsrichtung versetzt gegenüber der Zufuhreinrichtung 58 ist oberhalb der Wanne 54 die Bauplattform 62 an einem Schwenkarm 68 gehalten, der zu einem Hubmechanismus 64 gehört. Der Schwenkarm 68 ist wiederum mit einem Drehgelenk 70 versehen, das es ermöglicht, dass der Schwenkarm 68 nach Anheben in vertikaler Richtung sich um 180° drehen lässt, wonach die Bauplattform 62 mit dem darauf aufgebauten Formkörper nach oben zeigt und in dieser Stellung leicht gehandhabt werden kann.

Unterhalb der Bauplattform 62 und des Wannensbodens 56 befindet sich die Belichtungseinheit 60, in der eine Lichtquelle 65 mit Leuchtdioden 73 angeordnet ist. Das Licht der Lichtquelle 65 wird über einen Lichtmodulator 67 und durch den transparenten Wannensboden 56 auf die Bauplattform 62 projiziert. In der Belichtungseinheit 60 ist auch ein Referenzsensor 51 vorhanden, der in einem Kalibrationsschritt dazu verwendet wird, um bei Ansteuerung des Lichtmodulators in der Weise, dass keine Ortsabhängigkeit oder Modulation über das Belichtungsfeld erfolgen soll, die tatsächliche Intensitätsverteilung in dem Belichtungsfeld aufzunehmen. Aus der Abweichung der tatsächlich erfassten Intensitätsverteilung lässt sich dann durch Umkehrung ein Ansteuerungsprofil (Kompensationsmaske) für den Lichtmodulator berechnen, das für eine tatsächlich gleichmäßige Inten-

sität über das Belichtungsfeld sorgt. Ein entsprechender Referenzsensor 1 ist auch bei der Ausführungsform aus Fig. 1 und 2 vorhanden.

In Bewegungsrichtung der Wanne 54 (angedeutet durch den Doppelpfeil in den Fig. 6 und 7) hintereinander sind eine höhenverstellbar über dem Wanneboden 56 gehaltene Aufbringvorrichtung 76, hier in Form einer Rakel, deren Unterkante in einstellbarem Abstand zur Oberfläche des Wannebodens liegt, und ein Wischer 80 angeordnet.

Die Funktionsweise der in den Fig. 6 und 7 gezeigten Vorrichtung entspricht bis auf den Unterschied der linear hin- und hergehenden Bewegung der Wanne 54 anstelle der Drehbewegung der Wanne 4 den zuvor in Bezug auf die Fig. 3 bis 5 beschriebenen Verfahrensschritten. Zunächst wird die Wanne 54 aus der in Fig. 7 gezeigten Stellung, veranlasst durch die Steuereinheit 61, die den Antrieb 75 betätigt, nach links in die durch gestrichelte Linien gezeigte Stellung (Zufuhrstellung) verschoben. Dabei wird durch die Zufuhreinrichtung 58 lichtpolymerisierbares Material auf den Wanneboden 56 ausgegeben, wobei Menge und zeitlicher Verlauf der Ausgabe ebenfalls von der Steuereinheit 61 vorgegeben werden. Darauf veranlasst die Steuereinheit 61 durch Umkehr des Antriebs 75, dass die Wanne 54 wieder zurück verschoben wird. Dabei passiert das auf den Wanneboden 56 ausgegebene lichtpolymerisierbare Material 55 zunächst den Wischer 80 und dann die Aufbringvorrichtung 76 die für eine gleichmäßige Verteilung und eine einheitliche Schichtdicke des lichtpolymerisierbaren Materials 55 sorgen, bevor dies den Zwischenraum zwischen Bauplattform 62 und Belichtungseinheit 60 erreicht. Danach wird der Antrieb 75 gestoppt, woraufhin die Schrittfolge wie oben im Zusammenhang mit den Fig. 3 bis 5 beschrieben durchlaufen wird, wobei die Bauplattform 62 in die Schicht aus lichtpolymerisierbarem Material 55 eintaucht und durch Einstellen des Abstands zum Wan-

- 25 -

nenboden eine Schicht mit vorgegebener Dicke zwischen Bauplattform und Wannboden definiert. Danach erfolgt die Betätigung der Belichtungseinheit 60 zur Erzeugung eines Belichtungsmusters mit vorgegebener Geometrie, wobei in diesem Zusammenhang zumindest bei der Erzeugung der ersten Schicht direkt an der Bauplattform 62 auch die weitere Belichtungseinheit 66 mit ihren Leuchtdioden 69 betätigt wird, um die erste Schicht durch Belichtung durch die lichtdurchlässige Bauplattform hindurch zu belichten und dadurch eine vollständige Polymerisation und ein verlässliches Anhaften der ersten Schicht an der Bauplattform 62 zu erreichen.

Nach Polymerisation der ersten Schicht mit gewünschter Geometrie wird die Bauplattform 62 durch Betätigen des Hubmechanismus 64 wieder angehoben, so dass die gebildete polymerisierte Schicht über den Spiegel des lichtpolymerisierbaren Materials 55 hinaus angehoben wird.

Daraufhin wiederholt sich die beschriebene Schrittfolge, d.h. die Wanne 54 wird wieder nach links verschoben, lichtpolymerisierbares Material aus der Zufuhreinrichtung 58 abgegeben und dieses beim Zurückschieben der Wanne 54 nach rechts durch Wischer 80 und Aufbringvorrichtung 76 gleichmäßig verteilt, woraufhin nach Abschalten des Antriebs 75 der Hubmechanismus 64 die Bauplattform 62 wieder absenkt, so dass die zuletzt gebildete polymerisierte Schicht in das lichtpolymerisierbare Material 55 eintaucht und auf einen vorgegebenen Abstand über dem Wannboden 56 gebracht wird, um die nun in dem Zwischenraum liegende Materialschicht im nächsten Belichtungsschritt zu polymerisieren. Die Schrittweite der hin- und hergehenden Bewegung kann natürlich wieder variiert werden, um zu vermeiden, dass die Polymerisation immer über derselben Stelle des Wannbodens durchgeführt wird.

- 26 -

Der Hubmechanismus 64 ist wiederum mit einem Kraftaufnehmer 79 versehen, dessen Messwerte von der Steuereinheit 61 wie oben im Zusammenhang mit der ersten Ausführungsform beschrieben zur Begrenzung der auf die Bauplattform ausgeübten Kraft beim Absenken und Anheben der Bauplattform verwendet werden.

Vorzugsweise können auch Verfahren angewendet werden, bei denen mehrere verschiedene keramikgefüllte photopolymerisierbare Materialien zum Aufbau des Grünlings verwendet werden. Dies kann zum Beispiel dadurch geschehen, dass eine Mehrzahl von Wannen mit jeweils zugeordnetem Reservoir mit verschiedenen Materialien vorgesehen sind. Diese können dann nach Art eines Wechselträgers zu der Belichtungseinheit und der Bauplattform bewegt werden, um in vorgegebener Reihenfolge verschiedene Materialien zu verarbeiten. Dazu können die mehreren Wannen zum Beispiel seriell hintereinander an einem Träger angeordnet sein, der dann linear bezüglich der Belichtungseinheit und der Bauplattform beweglich ist, um jeweils eine gewünschte Wanne bereitzustellen. Alternativ kann eine Mehrzahl von drehbaren Wannen, von denen eine in den Figuren 1 und 2 dargestellt ist, auf einem Kreisring einer größeren Platte angeordnet sein, die ihrerseits wiederum drehbar ist, um jeweils eine gewünschte Wanne durch Einstellung der Drehstellung der Scheibe in die Position zwischen Belichtungseinheit und Bauplattform zu bringen, in der dann der Polymerisationsschicht der jeweiligen Schicht durchgeführt wird.

Eine spezielle Ausführungsform einer Vorrichtung, mit der verschiedene lichtpolymerisierbare Materialien zum Aufbau eines Formkörpers verwendet werden können, ist in schematischer Draufsicht von oben in Fig. 8 gezeigt. Hier sind auf einer Drehscheibe in kreisringförmiger Anordnung vier Wannen 104 vorhanden. Die Anordnung von Zufuhreinrichtung 108, der weiteren Belichtungseinheit 116 an einem Hubmechanismus 114 sowie des dazwischen liegenden Wischers 130 und der Aufbringvorrich-

tung 126 ähnelt weitgehend der Anordnung der Vorrichtung aus den Fig. 6 und 7, mit Ausnahme der Tatsache, dass die Komponenten nicht entlang einer linearen Strecke angeordnet und die Wanne linear beweglich ist, sondern die Komponenten entlang eines Kreisringsegments angeordnet sind und die Wanne entsprechend die Form eines Kreisringsegments hat. Zwischen aufeinanderfolgenden Belichtungsschritten in derselben Wanne 104 wird die Wanne hin- und hergehend um einen Winkel von etwa weniger als 90° bewegt, so dass sich wiederum eine hin- und hergehende Bewegung zwischen Zufuhreinrichtung 118 und der unter der weiteren Belichtungseinheit 108 befindlichen Bauplattform ergibt.

Soll zu einem bestimmten Zeitpunkt eines von den Materialien aus einer der drei übrigen Wannen 104 verwendet werden, wird die Drehscheibe um einen Winkel entsprechend 90° , 180° oder 270° gedreht, um eine der folgenden Wannen zu der gerade betrachteten Vorrichtung zum Aufbau des Formkörpers zu bringen.

Wie in Fig. 8 unten angedeutet, kann an der Drehscheibe im Bereich eines anderen Kreisringsegments eine weitere Vorrichtung zum Aufbau von Formkörpern vorgesehen sein, die parallel zu der oben gezeigten Vorrichtung arbeiten kann.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Verarbeitung von lichtpolymerisierbarem Material (5; 55; 105) zum schichtweisen Aufbau eines Formkörpers (27) unter Anwendung einer lithographiebasierten generativen Fertigung, z.B. Rapid Prototyping, mit

einer Wanne (4; 64; 104) mit einem wenigstens teilweise lichtdurchlässig ausgebildeten horizontalen Boden (6; 56; 106), in die lichtpolymerisierbares Material (5; 55; 105) einfüllbar ist,

einer horizontalen Bauplattform (12; 62), die in einstellbarer Höhe über dem Wanneboden (6; 56; 106) gehalten ist,

einer Belichtungseinheit (10; 60), die zur ortsselektiven Belichtung einer Fläche auf der Bauplattform (12; 62) mit einem Intensitätsmuster mit vorgegebener Geometrie ansteuerbar ist,

einer Steuereinheit (11; 61), die dazu vorbereitet ist, in aufeinanderfolgenden Belichtungsschritten übereinanderliegende Schichten (28) auf der Bauplattform (12; 62) jeweils mit vorgegebener Geometrie durch Steuerung der Belichtungseinheit (10; 60) zu polymerisieren und nach jedem Belichtungsschritt für eine Schicht (28) die Relativposition der Bauplattform (12; 62) zum Wanneboden (6; 56; 106) anzupassen, um so sukzessive den Formkörper (27) in der gewünschten Form, die sich aus der Folge der Schichtgeometrien ergibt, aufzubauen,

dadurch gekennzeichnet, dass die Wanne (4; 54; 104) horizontal beweglich bezüglich der Belichtungseinheit (10; 60) und der Bauplattform (12; 62) ist und dass eine Zufuhreinrichtung (8; 58; 108) vorgesehen ist, die unter Steuerung

der Steuereinheit (11; 61) lichtpolymerisierbares Material (5; 55; 105) in die wenigstens eine Wanne (4; 54; 104) ausbringt, wobei Belichtungseinheit (10; 60) und Bauplattform (12; 62) horizontal auf Abstand zur Zufuhreinrichtung (8; 58; 108) angeordnet sind, und dass die Steuereinheit dazu vorbereitet ist, die Wanne (4; 54; 104) zwischen aufeinanderfolgenden Belichtungsschritten in vorgegebener Weise in einer horizontalen Ebene durch einen Antrieb (28) zu bewegen, um so von der Zufuhreinrichtung (8; 58; 108) auf den Wanneboden ausgebrachtes lichtpolymerisierbares Material (5; 55; 105) in den Bereich zwischen Belichtungseinheit (10; 60) und Bauplattform (12; 62) zu bringen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Bewegungsrichtung zwischen der Zufuhreinrichtung (8; 58; 108) und der Belichtungseinheit (10) sowie der Bauplattform (12; 62) eine Aufbringvorrichtung (26; 76; 126), insbesondere eine Rakel oder eine Rolle, angeordnet ist, deren Höhe über dem Wanneboden (6; 56; 106) einstellbar ist.
3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Belichtungseinheit (10; 60) unterhalb des Wannebodens (6; 56; 106) zur Belichtung des wenigstens teilweise lichtdurchlässigen Wannebodens (6) von unten angeordnet ist und dass die Bauplattform (12; 62) an einem Hubmechanismus (14; 64; 114) durch die Steuereinheit (10; 60) höhenverstellbar oberhalb des Wannebodens (6; 56; 106) gehalten ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit dazu vorbereitet ist, die Dicke (21) der Schicht (28), nämlich der Abstand zwischen der Bauplattform (12; 62) oder der letz-

ten erzeugten Schicht und dem Wanneboden (6; 56; 106), über den Hubmechanismus (14; 64; 114) einzustellen.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Hubmechanismus (14; 64; 114) ein mit der Steuereinheit (11; 61) verbundener Kraftaufnehmer (29; 79) vorhanden ist, der in der Lage ist, die von dem Hubmechanismus (14; 64; 114) auf die Bauplattform (12; 62) ausgeübte Kraft zu messen und das Messergebnis an die Steuereinheit (11; 61) zu senden, wobei die Steuereinheit (11; 61) dazu vorbereitet ist, die Bauplattform (12; 62) mit einem vorgegebenen Kraftverlauf zu bewegen.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wanne (4) um eine zentrale, vertikale Achse (22) drehbar gelagert ist, wobei die Belichtungseinheit (10) unter dem Wanneboden (6) und die Bauplattform (12) sowie die Zufuhreinrichtung (8) und die Aufbringvorrichtung (26) darüber in radialer Richtung versetzt gegenüber der vertikalen Drehachse (22) liegen, dass ein Antrieb (24) vorgesehen ist, der in der Lage ist, unter Steuerung der Steuereinheit (11) die Wanne (4) zwischen aufeinanderfolgenden Belichtungsschritten um einen vorgegebenen Winkel um die zentrale Drehachse (22) zu drehen.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wanne (54) entlang einer Linie versetzbar gelagert ist und dass ein Antrieb (74) vorgesehen ist, der in der Lage ist, unter Steuerung der Steuereinheit (61) die Wanne (54) zwischen aufeinanderfolgenden Belichtungsschritten um einen vorgegebenen Weg zu verschieben.

- 31 -

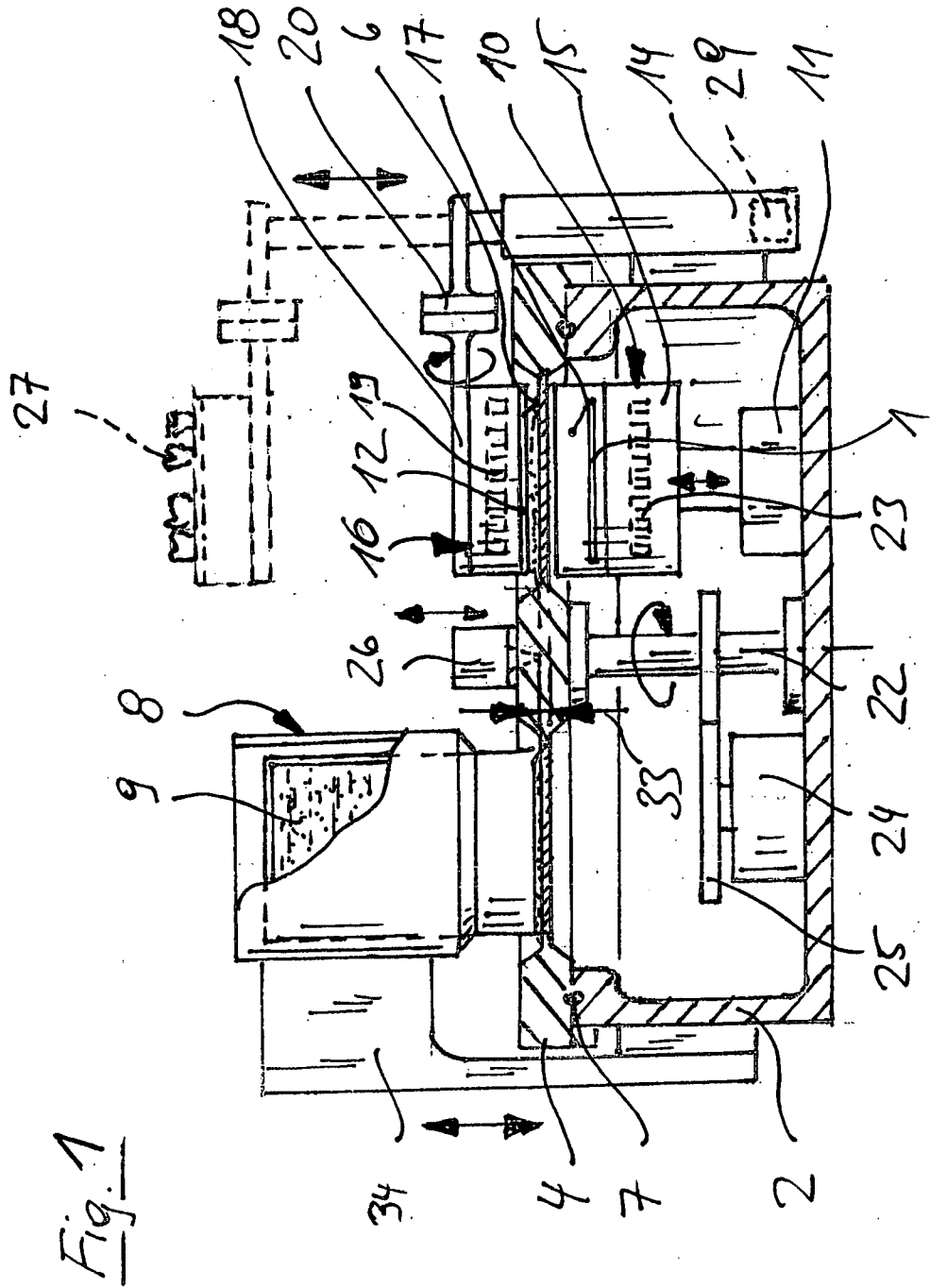
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Lichtquelle der Belichtungseinheit (10; 60) Leuchtdioden (23; 73) dienen.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Leuchtdioden (23; 73) Licht mit unterschiedlichen Lichtwellenlängen emittieren.
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Belichtungseinheit (10; 60) weiter zumindest einen Referenzsensor (1; 51) aufweist, der in Form eines ein Belichtungsfeld abtastenden Photosensors oder in Form einer ein Belichtungsfeld erfassenden CCD-Kamera ausgebildet ist, wobei die Steuereinheit (11; 61) dazu vorbereitet ist, in einem Kalibrationsschritt das Belichtungsfeld mit einem über das ganze Belichtungsfeld vorgegebenen Ansteuerungssignal für die Belichtungseinheit (10; 60) zu belichten und das von dem Referenzsensor (1; 51) erfasste Intensitätsmuster im Belichtungsfeld zur Berechnung einer Kompensationsmaske zur Erzielung einer gleichmäßigen Intensität im gesamten Belichtungsfeld zu verwenden..
11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mehrzahl von Wannen (104), denen jeweils eine Zufuhreinrichtung (108) für eines aus einer Mehrzahl von Materialien (105) zugeordnet ist, und ein Antrieb vorhanden ist, der gesteuert durch die Steuereinheit jeweils eine der Wannen (104) in einer ausgewählten vorgegebenen Reihenfolge zwischen Belichtungseinheit und Bauplattform bewegt, wobei diese Bewegung eine lineare Bewegung bei nebeneinander angeordneten Wannen oder eine rotierende Bewegung bei der Anordnung mehrerer Wannen (104) entlang einer gekrümmten Bahn ist.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhreinrichtung (8) für lichtpolymerisierbares Material (5) eine Aufnahme zum auswechselbaren Einsetzen einer Kartusche (9) mit lichtpolymerisierbarem Material (5) hat.
13. Verfahren zur Verarbeitung von lichtpolymerisierbarem Material (5; 55; 105) zum Aufbau eines Formkörpers (27) unter Anwendung einer lithographiebasierten generativen Fertigungstechnik, z.B. Rapid Prototyping, bei dem eine Schicht (28) aus einem lichtpolymerisierbaren Material (5; 55; 105), das sich in zumindest einer Wanne (4; 54; 104) mit einem insbesondere lichtdurchlässig ausgebildeten, horizontalen Boden (6; 56; 106) befindet, auf wenigstens einer in eine Wanne (4; 54; 104) ragenden, horizontalen Bauplattform (12; 62) mit vorgegebener Geometrie in einem Belichtungsfeld durch Belichten polymerisiert wird, die Bauplattform (12; 62) zur Bildung einer nachfolgenden Schicht vertikal verschoben wird, lichtpolymerisierbares Material (5; 55; 105) auf die zuletzt gebildete Schicht (28) nachgeführt wird, und durch Wiederholen der vorhergehenden Schritte schichtweise der Formkörper (27) in der gewünschten Form, die sich aus der Folge der Schichtgeometrien ergibt, aufgebaut wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Wanne (4; 54; 104) horizontal in eine Zufuhrstellung versetzbar ist, eine Zufuhreinrichtung (8) lichtpolymerisierbares Material (5; 55; 105) wenigstens auf ein Belichtungsfeld des Wannensbodens (6; 56; 106) ausbringt, bevor die zumindest eine Wanne (4; 54; 104) in eine Belichtungsstellung versetzt wird, in der sich das Belichtungsfeld unterhalb der Bauplattform (12;

62) und oberhalb der Belichtungseinheit (10; 60) befindet, und die Belichtung erfolgt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Verteilung des zugeführten Materials (5; 55; 105) in einer vorgegebenen Schichtdicke (33) auf dem Wannensboden (6; 56; 106), insbesondere auf dem Belichtungsfeld, während des Versetzens der Wanne (4; 54; 104) aus der Zufuhrstellung in die Belichtungsstellung mit Hilfe einer zwischen der Zufuhreinrichtung (8; 58; 108) und der Belichtungseinrichtung (10; 60) sowie der Bauplattform (12; 62) angeordneten Aufbringvorrichtung (26; 76; 126), z.B. einer Rakel oder einer Rolle, deren Höhe über dem Wannensboden (6; 56; 106) einstellbar ist, vorgenommen.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke des Materials (5; 55; 105) über den Abstand zwischen der Bauplattform (12; 62) und dem Wannensboden (6; 56; 106) mit Hilfe eines Hubmechanismus (14; 64; 114) eingestellt wird, der nach Nachführung von lichtpolymerisierbarem Material die Bauplattform (12; 62), falls vorhanden mit den daran gebildeten Schichten, wieder in das nachgeführte lichtpolymerisierbare Material (5; 55; 105) abgesenkt, so dass lichtpolymerisierbares Material aus dem verbleibenden Zwischenraum zum Wannensboden (6; 56; 106) verdrängt wird, und den verbleibende Abstand zwischen der abgesenkten unteren Oberfläche und dem Wannensboden in vorgegebener Weise von der Steuereinheit (11; 61) gesteuert einstellt.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Anheben und/oder Absenken der Bauplattform (12; 62) kraftgesteuert nach Maßgabe eines vorgegebenen Kraftverlaufs erfolgt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Wanne (4) drehbar gelagert ist und zwischen aufeinanderfolgenden Schichtaufbausritten um einen vorgegebenen Winkel um die vertikale Achse (22) gedreht wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, bei dem die Wanne (54) seitlich versetzbar gelagert ist und zwischen aufeinanderfolgenden Schichtaufbausritten um einen vorgegebenen Weg horizontal versetzt wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 18, bei dem in aufeinanderfolgenden Schichtaufbausritten in einer auswählbaren Reihenfolge eine Mehrzahl von verschiedenen Materialien (105) zum Schichtaufbau verwendet wird, indem eine Mehrzahl von Wannern (104), denen jeweils eine Zufuhreinrichtung (108) mit einem aus der Mehrzahl von Materialien (105) zugeordnet ist, in einer ausgewählten Reihenfolge zwischen Belichtungseinheit und Bauplattform bewegt wird, wobei diese Bewegung eine rotierende Bewegung bei Anordnung mehrerer Wannern (104) entlang einer gekrümmten Bahn bzw. eine lineare Bewegung ist, wenn die Wannern entlang einer Geraden angeordnet sind.



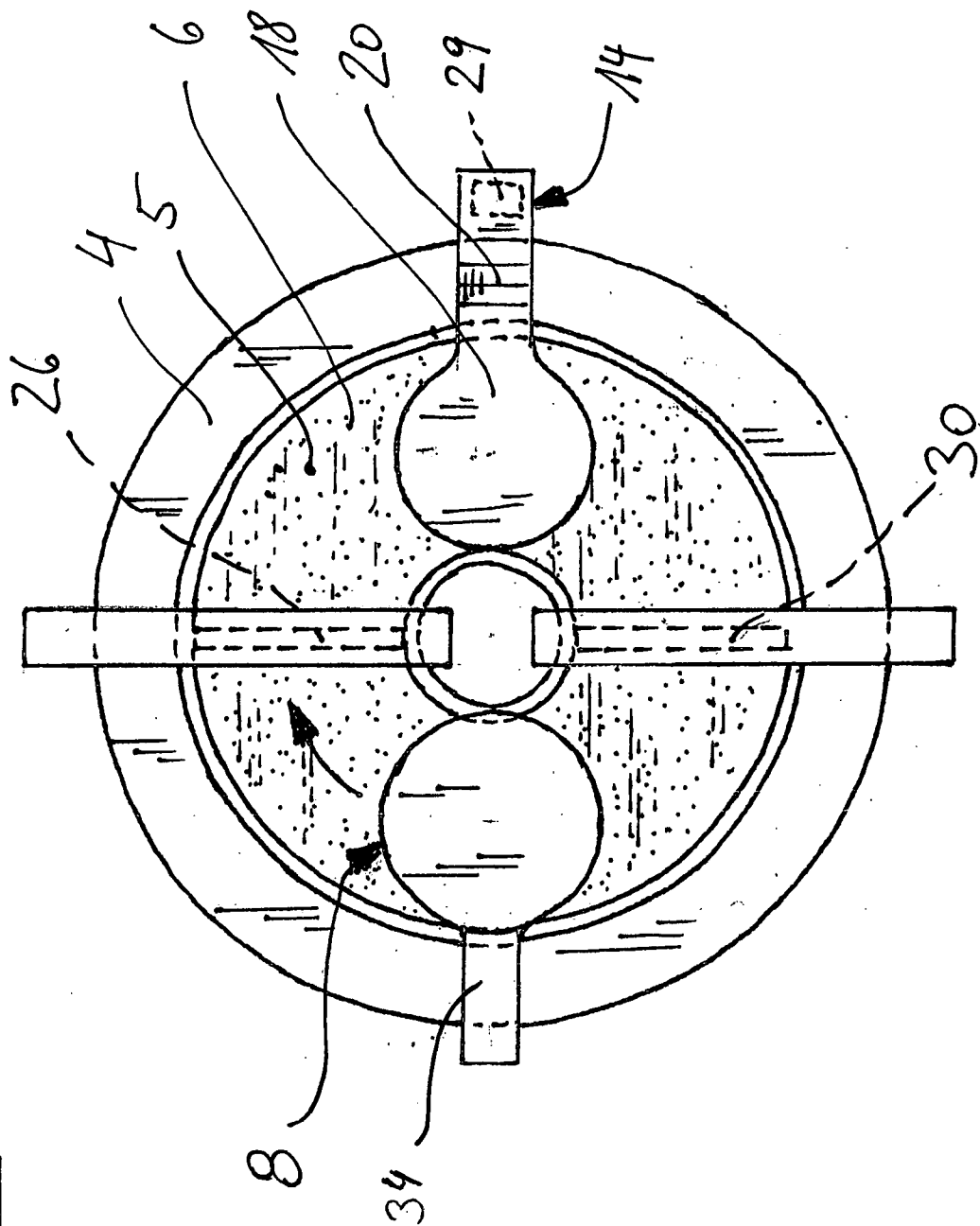


Fig. 2

Fig. 3

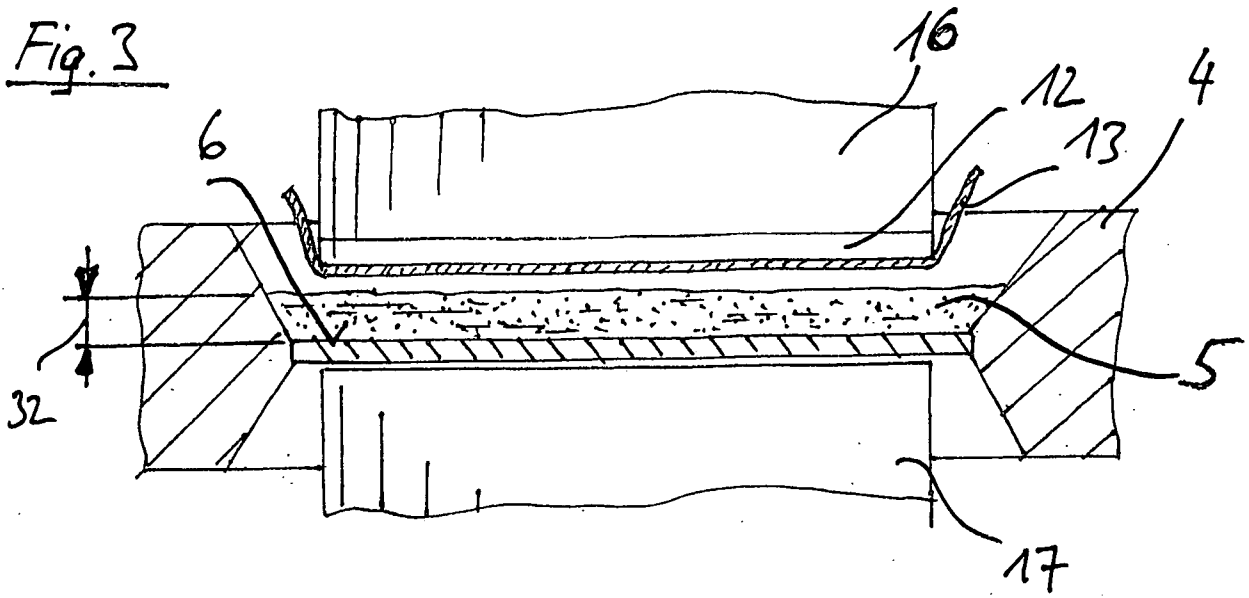


Fig. 4

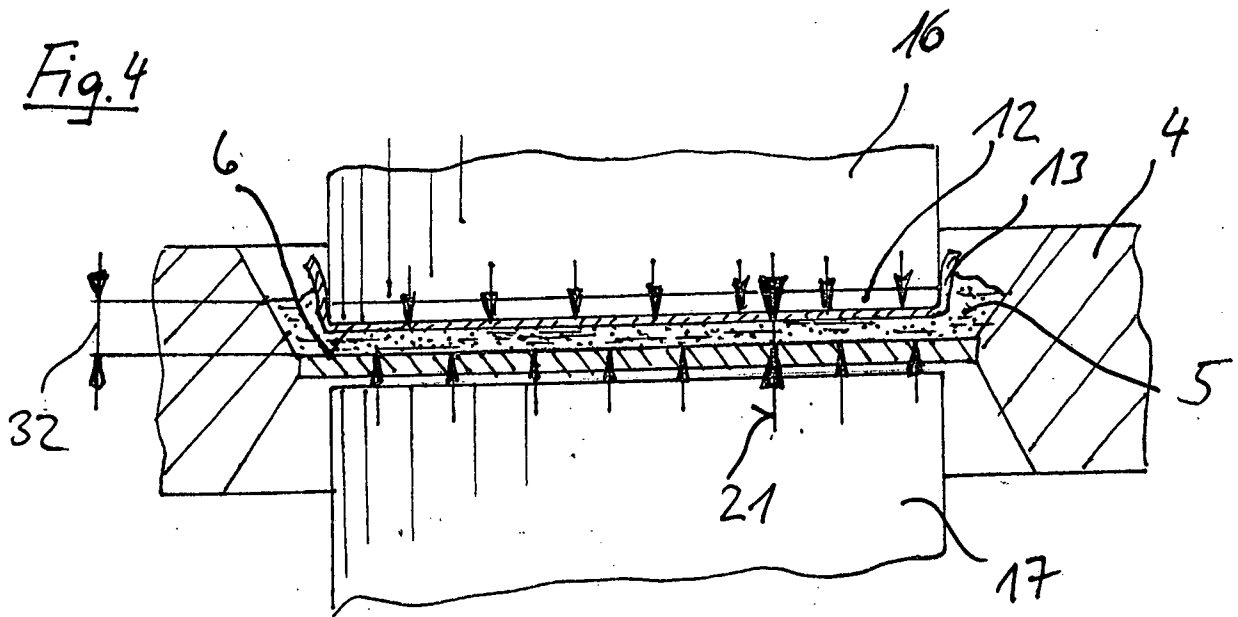


Fig. 5

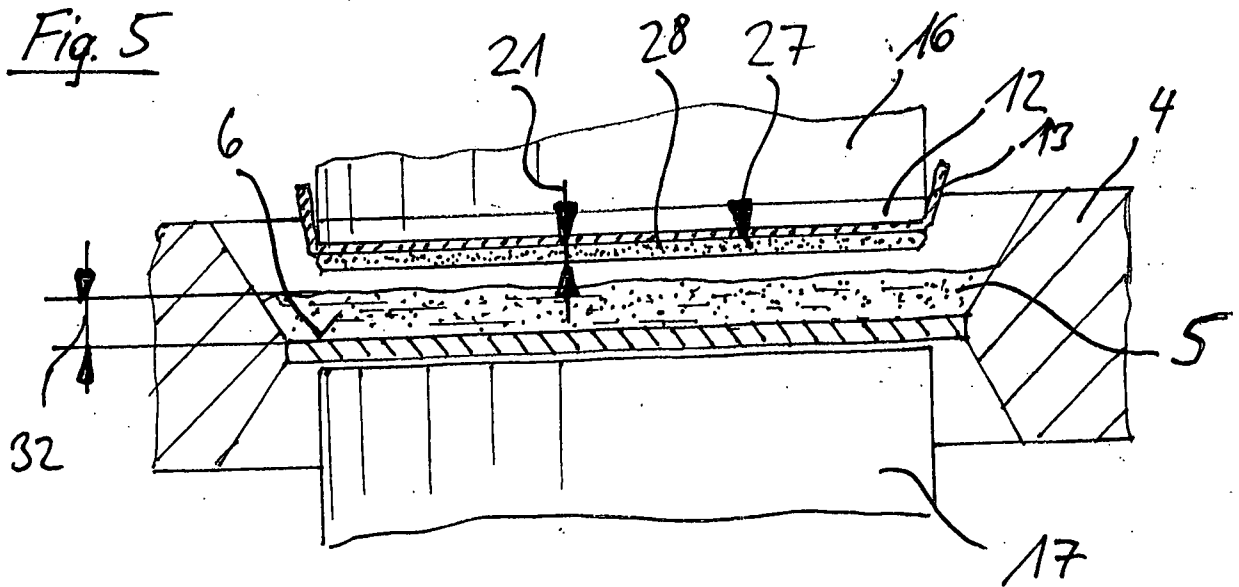
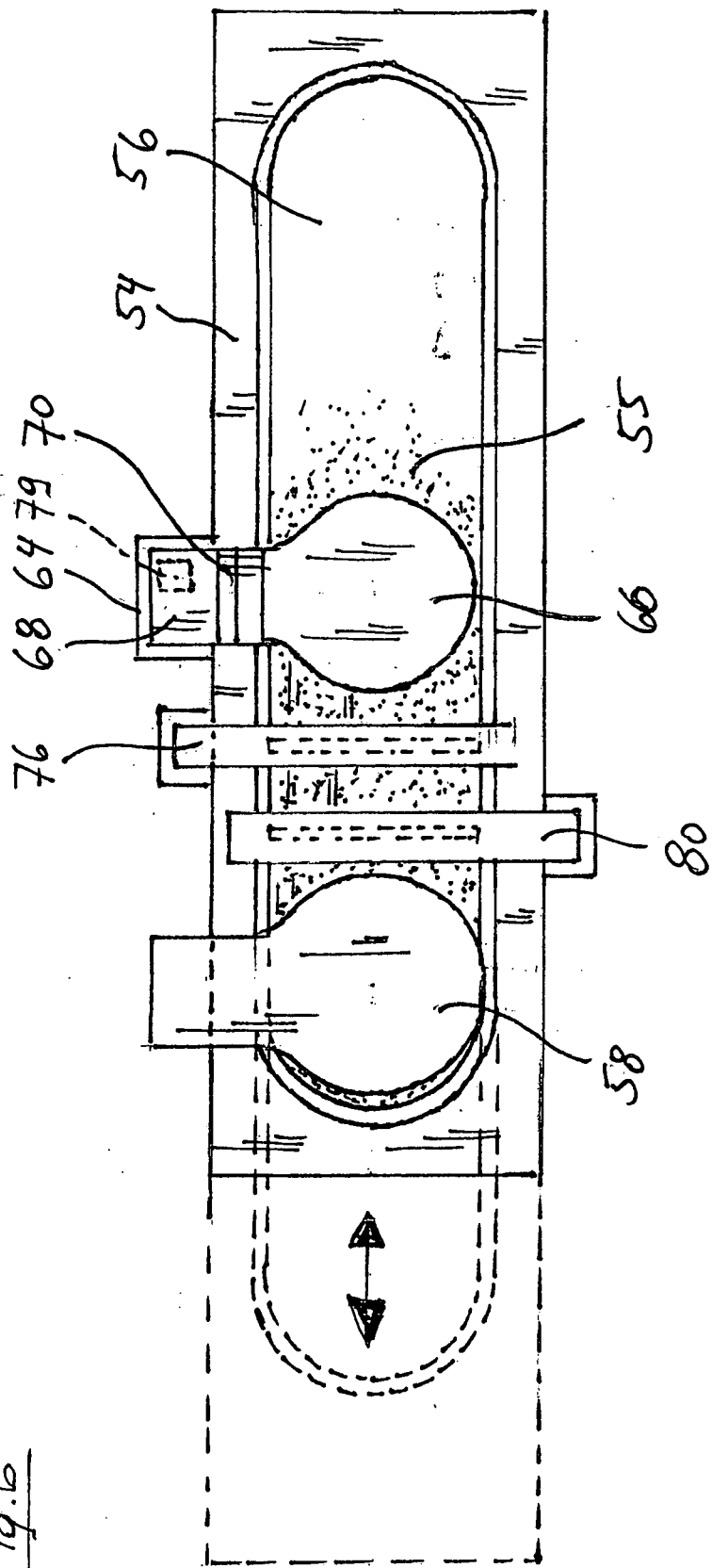


Fig. 6



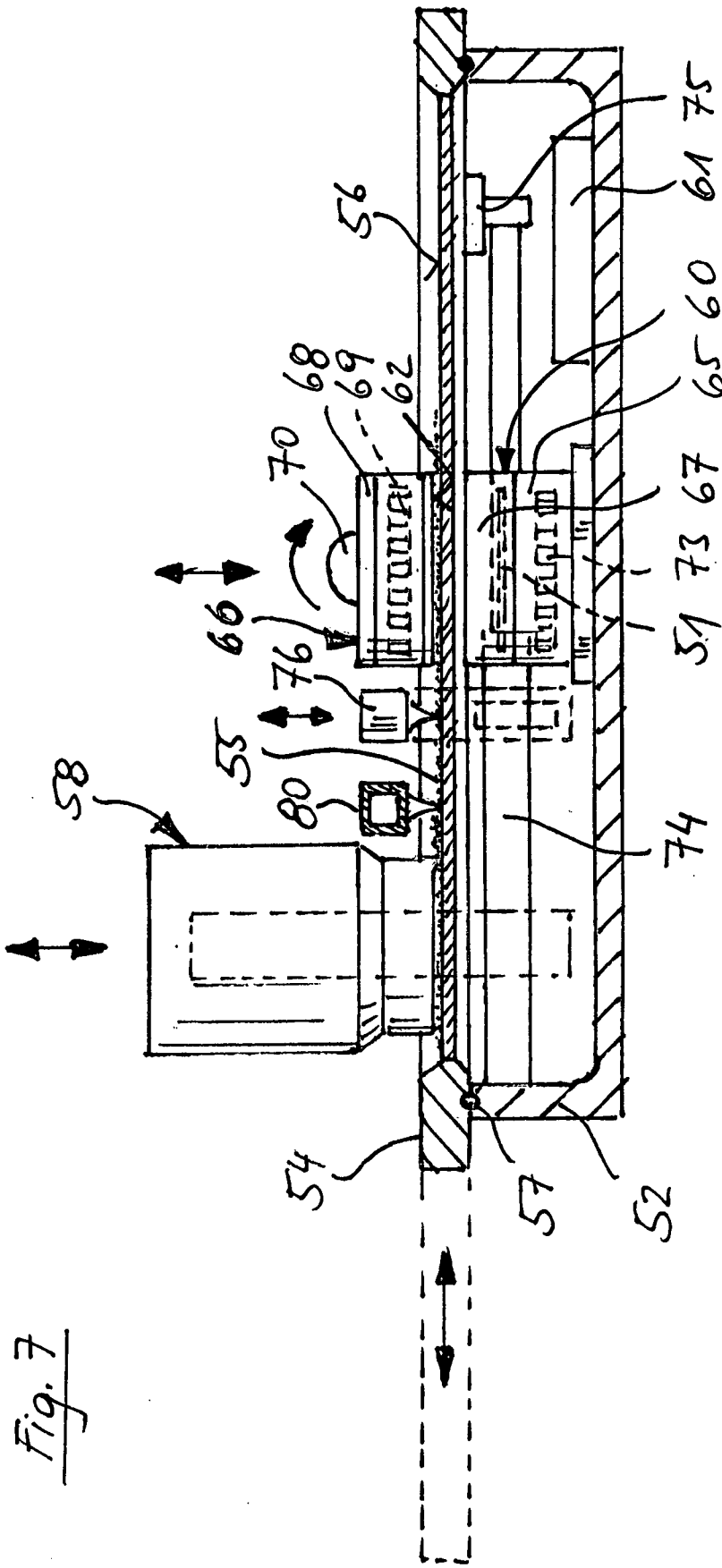
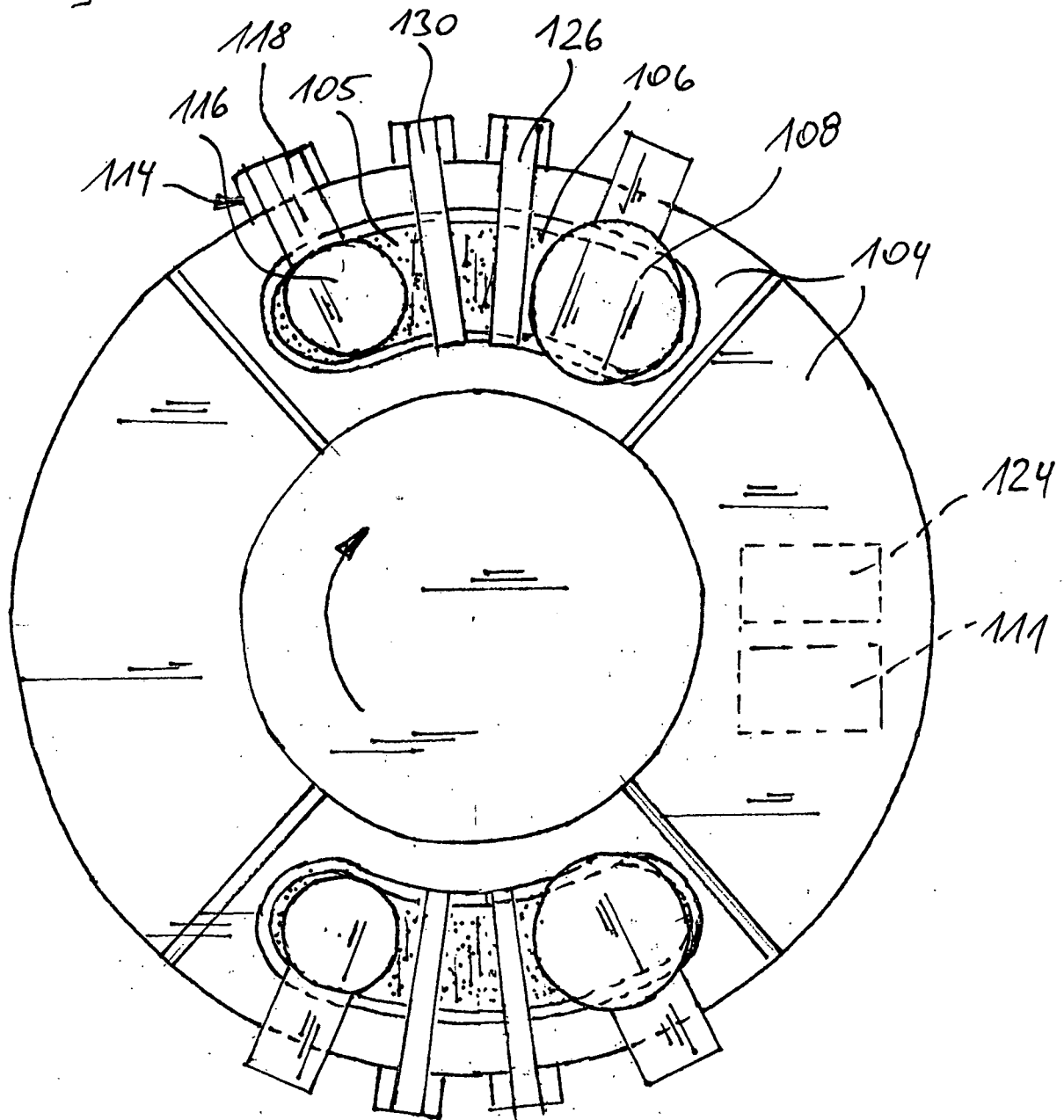


Fig. 7

Fig. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/008864

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B29C67/00 A61C13/00

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)
B29C

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)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 876 550 A (FEYGIN MICHAEL [US] ET AL) 2 March 1999 (1999-03-02) abstract figures 1,2,2A,10,18 column 5, line 28 - column 6, line 24 column 12, line 29 - column 14, line 19 column 23, line 17 - column 24, line 37 column 25, line 10 - line 20 column 26, line 25 - line 40	1-7, 13-18
Y	-----	8-10,12
Y	DE 199 53 000 A1 (EXNER HORST [DE]; EBERT ROBBY [DE]) 17 May 2001 (2001-05-17) abstract figure 1 claims 1,2,4 -----	8-10
-/--		

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family 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.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 November 2009

Date of mailing of the international search report

30/11/2009

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lozza, Monica

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/008864

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2007 006478 A1 (UNIV STUTTGART [DE]) 14 August 2008 (2008-08-14) abstract figure 1 claims 1-3 -----	12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/008864

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5876550	A	02-03-1999	NONE	
DE 19953000	A1	17-05-2001	NONE	
DE 102007006478	A1	14-08-2008	AT 504767 A2	15-08-2008

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP2008/008864
--

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B29C67/00 A61C13/00		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B29C		
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) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 876 550 A (FEYGIN MICHAEL [US] ET AL) 2. März 1999 (1999-03-02) Zusammenfassung Abbildungen 1,2,2A,10,18 Spalte 5, Zeile 28 - Spalte 6, Zeile 24 Spalte 12, Zeile 29 - Spalte 14, Zeile 19 Spalte 23, Zeile 17 - Spalte 24, Zeile 37 Spalte 25, Zeile 10 - Zeile 20 Spalte 26, Zeile 25 - Zeile 40	1-7, 13-18
Y	-----	8-10,12
Y	DE 199 53 000 A1 (EXNER HORST [DE]; EBERT ROBBY [DE]) 17. Mai 2001 (2001-05-17) Zusammenfassung Abbildung 1 Ansprüche 1,2,4 -----	8-10
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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 *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche <p style="text-align: center;">19. November 2009</p>		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts <p style="text-align: center;">30/11/2009</p>
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter <p style="text-align: center;">Lozza, Monica</p>

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/008864

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2007 006478 A1 (UNIV STUTTGART [DE]) 14. August 2008 (2008-08-14) Zusammenfassung Abbildung 1 Ansprüche 1-3 -----	12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/008864

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5876550	A	02-03-1999	KEINE	
DE 19953000	A1	17-05-2001	KEINE	
DE 102007006478	A1	14-08-2008	AT 504767 A2	15-08-2008