



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**10.09.2014 Patentblatt 2014/37**

(51) Int Cl.:  
**B01L 3/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **14154839.6**

(22) Anmeldetag: **12.02.2014**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**

(30) Priorität: **05.03.2013 DE 102013203684**

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

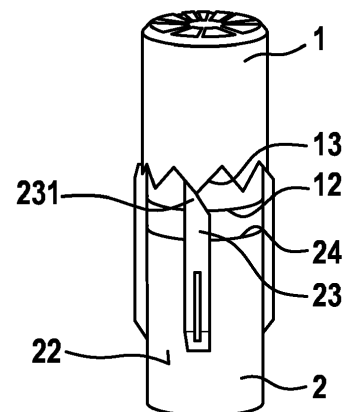
(72) Erfinder:  
• **Kloke, Arne**  
**79102 Freiburg (DE)**  
• **Paust, Nils**  
**79100 Freiburg (DE)**  
• **Steigert, Juergen**  
**70176 Stuttgart (DE)**  
• **von Stetten, Felix**  
**79112 Freiburg-Tiengen (DE)**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum fluidischen Koppeln von Kavitäten in einer Zentrifuge**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Einsetzen in einen Rotor (41) einer Zentrifuge (4). Sie umfasst einen ersten Körper (1), der zumindest eine erste Kavität (11a, 11b) aufweist und der eine Mehrzahl von Profilzähnen (13) aufweist, welche umlaufend um den ersten Körper (1) angeordnet sind, einen zweiten Körper (2), der zumindest eine zweite Kavität (21) aufweist und der an einer Außenseite (22) eine Mehrzahl von Führungsfedern (23) aufweist, welche in einem Endbereich (231) eine Deckseite (24) des zweiten Körpers (2) überragen, und in dem Endbereich (231) jeweils abgeschrägte Enden aufweisen, und ein Gehäuse (3) in dem der erste Körper (1) und der zweite Körper (2) zueinander drehbar angeordnet sind, und das an einer Innenseite (31) eine Mehrzahl von Führungsnuten (32a, 32b) aufweist, welche sich in einer axialen Richtung entlang der Drehachse der beiden Körper (1, 2) zumindest in einem Bereich des Gehäuses (3) erstrecken. Die Führungsfedern (23) sind ausgebildet, um wechselseitig mit den Profilzähnen (13) und den Führungsnuten (32a, 32b) Eingriff zu nehmen. In einer ersten Phase in der eine Führungsfeder (23) mit einer Führungsnut (32a, 32b) in Eingriff ist, ist die zweite Kavität (21) mit keiner Kavität des ersten Körpers (1) fluidisch gekoppelt ist. In einer zweiten Phase, in der die Führungsfeder (23) mit einem Profilzahn (13) in Eingriff ist, ist eine erste Kavität (11a) mit der zweiten Kavität (21) fluidisch gekoppelt. Das Gehäuse (3) weist jeweils zwischen zwei Führungsnuten (32a, 32b) eine Zwischennut (33a, 33b) auf, deren Länge ( $T_{33}$ ) geringer ist, als die Länge ( $T_{32}$ ) der benachbarten Führungsnuten (32a, 32b), wobei in einer Zwischenphase in der die Führungsfeder (23) mit einer Zwischennut (33a) in Eingriff ist, die erste Kavität (11a) mit der zweiten Ka-

vität (12) fluidisch gekoppelt ist. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Zentrifuge, welche diese Vorrichtung umfasst und ein Verfahren zum fluidischen Koppeln von Kavitäten, welches die Vorrichtung verwendet.

**Fig. 1**



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Einsetzen in einen Rotor einer Zentrifuge. Weiterhin betrifft sie eine Zentrifuge, welche die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst und ein Verfahren zum fluidischen Koppeln von Kavitäten, in welchem die erfindungsgemäße Vorrichtung verwendet wird.

### Stand der Technik

**[0002]** Die Durchführung biochemischer Prozesse basiert auf der Handhabung von Flüssigkeiten. Typischerweise wird diese Handhabung manuell mit Hilfsmitteln wie Pipetten, Reaktionsgefäßen, aktiven Sondenoberflächen oder Laborgeräten durchgeführt. Durch Pipettierröboder oder Spezialgeräte sind diese Prozesse zum Teil bereits automatisiert.

**[0003]** Sogenannte Lab-on-a-Chip-Systeme (Westentaschenlabor oder Chiplabor) sind mikrofluidische Systeme, welche die gesamte Funktionalität eines makroskopischen Labors auf einem nur plastikkartengroßen Kunststoffsubstrat unterbringt. Lab-on-a-Chip-Systeme bestehen typischerweise aus zwei Hauptkomponenten. Ein Testträger oder eine Einwegkartusche beinhaltet Strukturen und Mechanismen für die Umsetzung der fluidischen Grundoperationen (z.B. Mischer), welche aus passiven Komponenten wie Kanäle, Reaktionskammer, vorgelagerte Reagenzien oder auch aktiven Komponenten wie Ventile oder Pumpen bestehen können. Die zweite Hauptkomponente sind Aktuations-, Detektions- und Steuereinheiten. Das System ermöglicht es, biochemische Prozesse vollautomatisiert zu prozessieren.

**[0004]** Die DE 2912676 A1 zeigt eine speziell entwickelte Zentrifuge mit verschiedenen Auffangbehältern in radialer Anordnung. Die Auffangbehälter sind dabei in verschiedenen Abständen von einer Rotationsachse eines Rotors der Zentrifuge in Schwenkbecherhaltern angeordnet. Diese Zentrifuge ermöglicht damit die Prozessierung von mehreren Fluiden über verschiedene Pfade von einem Ort näher an der Rotationsachse gelegen zu einem weiteren Ort mit größerem Abstand zu der Rotationsachse. Ein Fluid durchströmt dabei eine Separationssäule in einem ersten radial innen gelegenen Auffangbehälter. An dem radial äußeren Ort befinden sich mehrere Auffangbehälter, in welche das Fluid, welches über die Separationssäule geströmt ist, einströmen kann. Das Fluid wird über Beschleunigungskräfte in verschiedenen Drehrichtungen über verschiedene Pfade nach außen geführt. Dadurch kann das Fluid in verschiedene Auffangbehälter gelangen. Mit diesem System können von einer Ausgangskavität an dem radial inneren Ort verschiedene fluidische Pfade in der Zentrifuge realisiert werden. Insbesondere wird das Fluid über Ventile und Leitungen in der Zentrifuge und Düsen in den radial inneren Auffangbehälter eingebracht. Ein Nachteil der Vorrichtung ist, dass Fluide verschiedener Ausgangskavitäten nicht über denselben Pfad geführt werden. Des

Weiteren muss das Gerät speziell entworfen und gefertigt werden, was mit hohen Kosten verbunden ist.

**[0005]** Die US 5045047 zeigt einen Zentrifugenapparat mit einem Rotor mit einem inneren und einem äußeren Ring. An dem inneren Ring sind innere Container angeordnet und an dem äußeren Ring sind äußere Container angeordnet. Des Weiteren weist der Zentrifugenapparat einen Mechanismus zum Verhindern einer durch Zentrifugalkraft erzeugten radialen Ausrichtung der inneren Container auf. Dies ermöglicht eine teilweise Ausrichtung der inneren Container mit den äußeren Containern, sodass ein Fluid von einem inneren Container aufgrund einer durch eine Rotation des Rotors des Zentrifugenapparats erzeugten Zentrifugalkraft in einen zugehörigen äußeren Container fließen kann. Dieser Zustand wird als ausgerichteter Zustand beschrieben. In einem nicht ausgerichteten Zustand, d.h. wenn die inneren Container gehalten werden, sodass sie sich nicht radial ausrichten können, können die inneren Container ausgeleert werden. Ein Nachteil dieses gezeigten Zentrifugenapparates ist, dass Fluide aus verschiedenen inneren Containern nicht in einen gemeinsamen äußeren Container geleitet werden können. Insbesondere nachteilig ist, dass der Zentrifugenapparat ein Spezialgerät ist, welches nur einen begrenzten Einsatzbereich hat und mit sehr hohen Kosten verbunden ist.

**[0006]** Die DE 68923835 T2 beschreibt ein Verfahren zum Trennen und Zurückgewinnen von Proteinen, die in Flüssigkeiten anwesend sind, durch eine Drehsäule. Basierend auf einer Drehung einer Kolonne wird das Fluid von einem inneren Zylinder in einen äußeren Zylinderraum geleitet. Nachteilig ist auch hier, dass Fluide von verschiedenen Ausgangskavitäten nicht in eine gemeinsame Endkavität geleitet werden können.

**[0007]** In der DE 102010003223 A1 ist ein System beschrieben in dem verschiedene Revolver im Format eines Standard-Zentrifugenröhrchens axial übereinander angeordnet werden und somit in eine Zentrifuge eingesetzt werden können. Die Revolver beinhalten Kanäle, Reaktionskammern und weitere Strukturen für die Durchführung von fluidischen Einheitsoperationen. Flüssigkeiten werden entlang dem Kraftvektor der Zentrifugalkraft von radial innen liegenden Punkten zu radial außen liegenden Punkten transportiert. Beschleunigungswechsel der Zentrifuge aktivieren eine integrierte Kugelschreibermechanik, worüber Revolver gegeneinander rotiert werden können und sich somit Kavitäten zueinander schalten lassen. Darüber hinaus erlaubt die beschriebene Kartuschenmechanik ein orientierungsabhängiges Öffnen von Vorlagerungs-Reservoirs durch Zentrifugieren, z.B. durch Dorne, die eine Deckelungsfolie durchstechen.

### Offenbarung der Erfindung

**[0008]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Einsetzen in einen Rotor einer Zentrifuge. Sie umfasst einen ersten Körper, der zumindest eine erste Kavität aufweist,

die insbesondere an eine Grundseite des ersten Körpers angrenzt, und der insbesondere an der Grundseite eine Mehrzahl von Profilzähnen aufweist, welche umlaufend um den ersten Körper angeordnet sind, einen zweiten Körper, der zumindest eine zweite Kavität aufweist, die insbesondere an die Grundseite angrenzt, und der an einer Außenseite eine Mehrzahl von Führungsfedern aufweist, welche in einem Endbereich eine Deckseite des zweiten Körpers überragen, und in dem Endbereich jeweils abgeschrägte Enden aufweisen, und ein Gehäuse in dem der erste Körper und der zweite Körper zueinander drehbar angeordnet sind, und das an einer Innenseite eine Mehrzahl von Führungsnuten aufweist, welche sich in einer axialen Richtung entlang der Drehachse der beiden Körper zumindest in einem Bereich des Gehäuses erstrecken. Der Begriff "Feder" wird erfindungsgemäß im Sinne einer Feder in einer Nut-Feder-Verbindung verstanden. Die Führungsfedern sind ausgebildet, um wechselseitig mit den Profilzähnen und den Führungsnuten Eingriff zu nehmen. In einer ersten Phase in der eine Führungsfeder mit einer Führungsnut in Eingriff ist, ist die zweite Kavität mit keiner Kavität des ersten Körpers fluidisch gekoppelt ist. In einer zweiten Phase, in der die Führungsfeder mit einem Profilzahn in Eingriff ist, ist eine erste Kavität insbesondere mit der zweiten Kavität fluidisch gekoppelt. Das Gehäuse weist jeweils zwischen zwei Führungsnuten eine Zwischennut auf, deren Länge geringer ist, als die Länge der benachbarten Führungsnuten, wobei in einer Zwischenphase in der die Führungsfeder mit einer Zwischennut in Eingriff ist, die erste Kavität mit der zweiten Kavität fluidisch gekoppelt ist. Der erste Körper und der zweite Körper können Revolver sein, wie sie beispielsweise in der DE 102010003223 A1 beschrieben werden.

**[0009]** Diese Vorrichtung ermöglicht einen Fluidtransfer zwischen einer ersten Kavität und einer zweiten Kavität bei niedrigen Beschleunigungen einer Zentrifuge. Außerdem ermöglicht sie eine separate Ansteuerung der Einheitsoperationen Freisetzen und Schalten der Vorrichtung, um trotz in einem Protokoll enthaltener Inkubationsschritte die Anzahl an Freisetzungsvorgängen maximal ausnutzen zu können. Hierzu ist erfindungsgemäß ein Verfahren vorgesehen, in dem die Vorrichtung so im Rotor einer Zentrifuge angeordnet wird, dass bei einer Rotation des Rotors der Abstand eines der beiden Körper zu der Rotationsachse des Rotors geringer ist als der Abstand des anderen Körpers zu der Rotationsachse und so, dass eine Führungsfeder in einer ersten Phase mit einer ersten Führungsnut in Eingriff gebracht wird und die zweite Kavität mit keiner Kavität des ersten Körpers fluidisch gekoppelt ist. Anschließend erfolgt ein Rotieren des Rotors um seine Rotationsachse mit einer ersten Winkelgeschwindigkeit, wobei die Führungsfeder aus der ersten Führungsnut herausbewegt wird, der erste Körper gegenüber dem zweiten Körper in einer Drehrichtung gedreht wird und die erste Kavität mit der zweiten Kavität fluidisch gekoppelt wird. Anschließend wird die erste Winkelgeschwindigkeit auf eine zweite Winkel-

geschwindigkeit gesenkt, wobei die Führungsfeder in einer Zwischenphase mit der ersten Zwischennut in Eingriff gebracht wird. Hierdurch kann eine Führungsfeder des zweiten Körpers bereits bei einer Zentrifugalbeschleunigung unterhalb einer kritischen Beschleunigung für einen Schaltprozess in eine Freisetzungsposition rotiert werden, in der eine erste Kavität und eine zweite Kavität fluidisch verbunden sind. Bei dem entsprechenden Verdrehungswinkel liegt der Abstand der Grundseite des ersten Körpers zur Deckseite des zweiten Körpers unterhalb eines kritischen Abstandes zum Durchstechen einer Folie eines Reagenzgefäßes, welches in der ersten Kavität angeordnet sein kann. Eine anschließende Entschleunigung führt aus dieser Position heraus zu keiner weiteren Verdrehung.

**[0010]** Im Anschluss an eine Inkubationszeit können in den Kavitäten enthaltene Flüssigkeiten durch ein erneutes Beschleunigen ausgespült werden. Hierzu ist es bevorzugt, dass die zweite Winkelgeschwindigkeit auf eine dritte Winkelgeschwindigkeit erhöht wird, die größer als die erste Winkelgeschwindigkeit ist, wobei die Führungsfeder aus der ersten Zwischennut herausbewegt wird und in einer zweiten Phase mit einem Profilzahn in Eingriff gebracht wird. Anschließend wird die dritte Winkelgeschwindigkeit auf eine vierte Winkelgeschwindigkeit gesenkt, die geringer als die erste Winkelgeschwindigkeit ist, wobei der erste Körper gegenüber dem zweiten Körper in der Drehrichtung gedreht wird, die Führungsfeder in einer dritten Phase mit einer zweiten zu der ersten Führungsnut benachbarten Führungsnut in Eingriff gebracht wird und die zweite Kavität mit keiner Kavität des ersten Körpers fluidisch gekoppelt wird. Eine Beschleunigung oberhalb der kritischen Zentrifugalbeschleunigung für das Schalten mit anschließendem Entschleunigen schließt den Schaltvorgang somit ab. Eine Führungsfeder des zweiten Körpers lässt sich hierbei nur dann entlang einer aus Führungsnuten bestehenden Führungsstruktur des Gehäuses verdrehen, wenn der Abstand zwischen den beiden Körpern weiter reduziert werden kann oder sich der zweite Körper entlang den Profilzähnen des ersten Körpers verdreht. Hierzu wird eine Zwischennut des Gehäuses vorzugsweise so ausgelegt, dass bei einer in der Zwischenphase erreichten Orientierung der Abstand zwischen den beiden Körpern noch nicht vollständig aufgehoben wird, sodass kein vollständiges Eintauchen von ggf. in der Vorrichtung vorhandenen Dornen zum Durchstoßen von Reagenzgefäß-Membranen erreicht wird.

**[0011]** Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung ermöglichen damit beispielsweise eine Prozessierung verschiedener Fluide in einer geschlossenen Vorrichtung, beispielsweise einem Gebinde, wobei die verschiedenen Fluide bereits in der Vorrichtung vorgelagert sein können, beispielsweise in den ersten Kavitäten des ersten Körpers. In einer ersten Zwischenphase kann ein Fluid aus einer ersten Kavität basierend auf einer durch den Rotor der Zentrifuge erzeugten Zentrifugalkraft in die zweite Kavität fließen. In einer zweiten Zwischenphase,

in welcher eine weitere erste Kavität des ersten Körpers mit der zweiten Kavität fluidisch verbunden ist, kann dann ein Fluid aus der weiteren ersten Kavität aufgrund der durch die Rotation des Rotors erzeugten Zentrifugalkraft in die zweite Kavität fließen. Die Vorrichtung kann während dieses Prozesses in der Zentrifuge verbleiben und insbesondere ist keine Interaktion mit einem Anwender nötig.

**[0012]** Die Körper können insbesondere zylindrische Körper sein, wobei jeder der Körper eine Deckseite und eine in einer Stapelrichtung gegenüberliegende Grundseite aufweist. Eine Grundseite des ersten Körpers kann gegenüberliegend einer Deckseite des zweiten Körpers angeordnet sein. Die Vorrichtung kann dabei so ausgebildet sein, dass sich einer der beiden Körper bezüglich des anderen Körpers um eine in Stapelrichtung verlaufende Rotationsachse der beiden Körper verdreht. In der ersten Phase kann der zweite Körper also in einer ersten Position bezüglich des ersten Körpers angeordnet sein, und in der zweiten Phase kann der zweite Körper in einer bezüglich der ersten Position verdrehten Position bezüglich des ersten Körpers angeordnet sein. Ferner kann das Gehäuse zumindest in einem Bereich einen kreisrunden Querschnitt aufweisen, sodass es beispielsweise in seiner äußeren Form einem Standartzentrifugenröhrchen entspricht.

**[0013]** Die Kavitäten können insbesondere Verschlussmittel aufweisen, wobei die Vorrichtung ausgebildet sein kann, um in einer Zwischenphase ein Verschlussmittel einer Kavität zu öffnen. Damit wird ein Vorlagern bestimmter Reagenzien in den Kavitäten ermöglicht, welche in einer Zwischenphase, in der die Reagenzien benötigt werden, geöffnet werden. Genau wie eine Kopplung der verschiedenen Kavitäten ansprechend auf eine Rotation des Zentrifugenrotors erfolgt, so kann auch eine Öffnung der Verschlussmittel der Kavitäten ansprechend auf eine Rotation des Zentrifugenrotors erfolgen.

**[0014]** Die Verschlussmittel sind insbesondere Membranen bzw. durchstechbare Folien, wie sie in der DE 2010 003 223 A1 beschrieben werden. Ein Körper kann beispielsweise an seiner Deckseite mindestens einen Dorn aufweisen, welcher ausgebildet ist, um wenigstens eine der Membranen, ansprechend auf eine Rotation des Rotors, aufzustechen. Alternativ können auch Sollbruchstellen am Boden des radial innen befindlichen Körpers durchstoßen werden.

**[0015]** Ein Abstand der beiden Körper zueinander ist vorzugsweise variabel, sodass bei einem Übergang von der ersten Phase in die Zwischenphase, in der Zwischenphase oder bei einem Übergang von der Zwischenphase in die zweite Phase ein Abstand der beiden Körper größer ist als ein Abstand der beiden Körper zueinander in der ersten Phase und in der zweiten Phase. Beispielsweise kann eine Veränderung des Abstandes der beiden Körper zueinander genutzt werden, um bei einem Übergang von der ersten Phase in die Zwischenphase Verschlussmittel der Kavitäten zu öffnen oder um bei dem Übergang von der Zwischenphase in die zweite Phase die Körper

zueinander verschieben zu können, aber darüber hinaus in der ersten Phase und in der zweiten Phase eine dichte fluidische Kopplung der Kavitäten der beiden Körper zu ermöglichen.

**[0016]** Das Gehäuse weist bevorzugt mindestens zwei voneinander separierbare Gehäuseteile auf, sodass bei einer Separation der mindestens zwei Gehäuseteile mindestens einer der beiden Körper aus der Vorrichtung entnehmbar ist. So kann beispielsweise nach einem Abschluss der automatisierten Prozessierung der Flüssigkeiten die Vorrichtung aus der Zentrifuge entnommen werden, und dann durch Separieren der beiden Gehäuseteile des Gehäuses einer der beiden Körper mit einem, sich in einer Kavität des zweiten Körpers befindlichen, Eluat aus dem Gehäuse entnommen werden, welches zu einer Weiterverwendung benötigt wird.

**[0017]** Vorzugsweise ist jeweils zwischen zwei Führungsnuten ein Trennelement angeordnet, das in eine Drehrichtung des zweiten Körpers abgeschrägt ist. Insbesondere ist das Trennelement so ausgebildet, dass bei einer Verringerung eines Abstandes zwischen dem ersten Körper und dem zweiten Körper eine Führungsfeder entlang des Trennelements von einer Zwischennut weg in Richtung einer Führungsnut geführt werden kann. Weiterhin ist es bevorzugt, dass die Enden der Führungsfedern jeweils in eine Drehrichtung des zweiten Körpers abgewinkelt sind. Besonders bevorzugt weist das Gehäuse an seiner Innenseite jeweils zwischen einer Führungsnut und einer Zwischennut ein Führungselement auf, das, insbesondere entgegen der Drehrichtung des zweiten Körpers, so abgewinkelt ist, dass das abgewinkelte Ende der Führungsfeder so entlang dem Führungselement geführt werden kann, dass bei einer Erhöhung des Abstandes zwischen dem ersten Körper und dem zweiten Körper die Führungsfeder entgegen der Drehrichtung des zweiten Körpers geführt werden kann. Es ist ganz besonders bevorzugt, dass ein Abstand zwischen dem Punkt der geringsten Länge einer Zwischennut und einem benachbarten Führungselement größer ist als die Länge des abgewinkelten Endes einer Führungsfeder. Unter der Länge der Zwischennut wird hierbei ihre Länge in axialer Richtung bzw. in Längsrichtung eines Trennelements verstanden. Weiterhin ist es ganz besonders bevorzugt, dass die Breite eines Endes einer Führungsfeder genauso groß ist wie die Breite eines Führungselements. Hierdurch wird eine Führungsstruktur des Gehäuses derart verlängert, dass der zweite Körper bei einem Schaltvorgang entgegen seiner Drehrichtung zurückgelenkt wird. Die Orientierung eines Freisetzungsschrittes kann hierbei derart gewählt werden, dass ein vollständiges Eintauchen von Dornen in die ersten Kavitäten möglich ist, sodass eine Freisetzung einer Substanz aus den ersten Kavitäten erfolgt, während der Abstand der beiden Körper vollständig aufgehoben ist. Durch ein Zurücklenken während eines Schaltvorgangs wird der zweite Körper mit einem deutlichen Verdrehungswinkel gegenüber der Orientierung des Freisetzungsschrittes an die Führung des Gehäuses übergeben

und somit ein zuverlässiger Schaltvorgang ermöglicht. Da der zweite Körper beim Zurücklenken entgegen seiner Drehrichtung bewegt wird, kommt es zu einem erhöhten mechanischen Widerstand während der Drehung und somit zu einem vergrößerten Unterschied zwischen den kritischen Zentrifugalbeschleunigungen zur Auslösung der Vorgänge Freisetzen und Schalten. Dadurch ermöglicht die erfindungsgemäße Vorrichtung es, diese Einheitsoperationen zuverlässig separat anzusteuern.

**[0018]** Hierzu umfasst das erfindungsgemäße Verfahren vorzugsweise das Erhöhen der zweiten Winkelgeschwindigkeit auf eine dritte Winkelgeschwindigkeit, die größer als die erste Winkelgeschwindigkeit ist, wobei die Führungsfeder aus der ersten Zwischennut herausbewegt wird und in einer zweiten Phase mit einem Profilzahn in Eingriff gebracht wird und das Senken der dritten Winkelgeschwindigkeit auf eine vierte Winkelgeschwindigkeit, die geringer als die erste Winkelgeschwindigkeit ist, wobei der erste Körper gegenüber dem zweiten Körper in der Drehrichtung gedreht wird, die Führungsfeder in einer dritten Phase mit einer zweiten, zu der ersten Führungsnut benachbarten Führungsnut in Eingriff gebracht wird und die zweite Kavität mit keiner Kavität des ersten Körpers fluidisch gekoppelt wird. Außerdem ist es auf diese Weise möglich, eine Reagenzienfreisetzung nicht nur während einer Beschleunigungsphase der Zentrifuge sondern auch während ihres Entschleunigungs auszuführen. Sobald das abgewinkelte Ende der Führungsfeder das Führungselement überwindet, springt es zur Seite. Da dieses Springen typischerweise schneller erfolgt als ein Absenken des zweiten Körpers, führt es zu einer Verdrehung bis in eine Freisetzungsposition. Die Reagenzienfreisetzung erfolgt somit beim Entschleunigungsprozess, das Durchstoßen einer Deckelfolie würde in diesem Fall durch die Federkraft anstatt durch die Zentrifugalkraft realisiert. Die ausfließenden Reagenzien erfahren somit eine gegenüber den anderen Ausführungsformen reduzierte Beschleunigung. Hierzu sieht das erfindungsgemäße Verfahren vorzugsweise vor, dass der zweite Körper beim Erhöhen der zweiten Winkelgeschwindigkeit auf eine dritte Winkelgeschwindigkeit zunächst um die Breite des Führungselements entgegen der Drehrichtung des zweiten Körpers gedreht wird und anschließend um die Breite des Führungselements in die Richtung des zweiten Körpers gedreht wird. Besonders bevorzugt wird die zweite Winkelgeschwindigkeit auf eine dritte Winkelgeschwindigkeit erhöht, die größer als die erste Winkelgeschwindigkeit ist, wobei die Führungsfeder aus der ersten Zwischennut herausbewegt wird, der zweite Körper zunächst um die Breite des Führungselements entgegen der Drehrichtung des zweiten Körpers gedreht wird und anschließend um die Breite des Führungselements in die Drehrichtung des zweiten Körpers gedreht wird und in einer zweiten Phase mit einem Profilzahn in Eingriff gebracht wird und die dritte Winkelgeschwindigkeit auf eine vierte Winkelgeschwindigkeit gesenkt wird, die geringer als die erste Winkelgeschwindigkeit ist, wobei der erste Körper gegenüber dem

zweiten Körper in der Drehrichtung gedreht wird, die Führungsfeder in einer dritten Phase mit einer zweiten zu der ersten Zwischennut benachbarten Zwischennut in Eingriff gebracht wird und die zweite Kavität mit einer dritten, zu der ersten Kavität benachbarten Kavität des ersten Körpers fluidisch gekoppelt wird.

**[0019]** Wenn das Trennelement eine Zwischennut und ein Führungselement aufweist, führt dies dazu, dass es einen Hinterschnitt aufweist und das Gehäuse somit nicht im Spritzguss hergestellt werden kann. Daher ist es bevorzugt, dass das Führungselement aus einer Unterstruktur besteht, die separat von einer Zwischennut des Gehäuses gefertigt ist. Indem eine Unterstruktur der Zwischennut von unten und die Unterstruktur des Führungselementes von oben her entformt wird, ist eine Spritzguss gerechte Fertigung des Gehäuses möglich.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0020]** Ausführungsbeispiele der Erfindungen sind in den Zeichnungen schematisch dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

- Fig. 1 zeigt eine isometrische Darstellung von zwei Körpern einer Vorrichtung zum fluidischen Koppeln von Kavitäten gemäß dem Stand der Technik.
- Fig. 2 zeigt eine Innenansicht eines Gehäuses einer Vorrichtung zum fluidischen Koppeln von Kavitäten gemäß dem Stand der Technik.
- Fig. 3 zeigt eine Schnittansicht einer Vorrichtung zum fluidischen Koppeln von Kavitäten gemäß dem Stand der Technik.
- Fig. 4 zeigt eine andere Schnittansicht einer Vorrichtung zum fluidischen Koppeln von Kavitäten gemäß dem Stand der Technik.
- Fig. 5 zeigt eine Zentrifuge, die eine Vorrichtung zum fluidischen Koppeln von Kavitäten enthalten kann.
- Fig. 6 zeigt schematisch die Bewegung einer Führungsfeder einer Vorrichtung zum fluidischen Koppeln von Kavitäten gemäß dem Stand der Technik.
- Fig. 7 zeigt eine Innenansicht eines Gehäuses einer Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.
- Fig. 8 zeigt einen Querschnitt einer Vorrichtung mit einem Gehäuse gemäß Fig. 5.
- Fig. 9 zeigt schematisch die Bewegung einer Führungsfeder in der Vorrichtung gemäß Fig. 8.
- Fig. 10 zeigt einen Querschnitt einer Vorrichtung gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung.
- Fig. 11 zeigt schematisch die Bewegung einer Führungsfeder in der Vorrichtung gemäß Fig. 10.
- Fig. 12 zeigt den Aufbau eines Trennelements aus Unterstrukturen in der Vorrichtung gemäß Fig. 10.

## Ausführungsbeispiele der Erfindung

**[0021]** Fig. 1 bis 4 zeigen eine Vorrichtung zum fluidischen Koppeln von Kavitäten gemäß der DE 102010003223 A1. Ein erster Körper 1 ist über einem zweiten Körper 2 zu diesem drehbar in einem Gehäuse 3 angeordnet. Der erste Körper 1, weist erste Kavitäten 11a, 11 b auf, die an ein Grundseite 12 des ersten Körpers 1 angrenzen, und weist an der Grundseite 12 eine Mehrzahl von Profilzähnen 13 auf, welche umlaufend um den ersten Körper 1 angeordnet sind. Der zweiten Körper 2, weist zweite Kavitäten 21 auf, die an die Grundseite 12 des ersten Körpers 1 angrenzen. An einer Außenseite 22 weist der zweite Körper 2 eine Mehrzahl von Führungsfedern 23 auf, welche in einem Endbereich 231 eine Deckseite 24 des zweiten Körpers 2 überragen, und in dem Endbereich 231 jeweils abgeschrägte Enden aufweisen. Das Gehäuse 3 weist an einer Innenseite 31 eine Mehrzahl von Führungsnuten 32a, 32b auf, welche durch Trennelemente 34a, 34b voneinander getrennt werden, und die sich in einer axialen Richtung entlang der Drehachse der beiden Körper 1, 2 zumindest in einem Bereich des Gehäuses 3 erstrecken, wobei die Führungsfedern 23 ausgebildet sind, um wechselseitig mit den Profilzähnen 13 und den Führungsnuten 32a, 32b Eingriff zu nehmen.

**[0022]** Fig. 4 zeigt eine mögliche Umsetzung zweier übereinander gestapelter Körper 1, 2 mit ihren Profilzähnen 13, Führungsfedern 23, und durch Trennelemente 34a, 34b getrennten Führungsnuten 32a, 32b. In einer durch die Kartuschenmechanik aktivierte Änderung des Abstandes AB zwischen den beiden Körpern 1, 2 zur Steuerung des orientierungsabhängigen Öffnungsmechanismus entspricht a der Startposition, b der Position zur Freisetzung von Reagenzien aus dem ersten Körper 1 und a' der Endposition eines einzelnen Schaltprozesses, welcher äquivalent zu a ist.

**[0023]** Die Vorrichtung ist in einer in Fig. 5 gezeigten Zentrifuge 4 mit einem Rotor 41 angeordnet.

**[0024]** Wird der zweite Körper 2 unter die Profilzähne 13 des ersten Körpers 1 bewegt, so kann sich dieser zusätzlich zur vertikalen Bewegung auch noch entlang der schrägen Profilzähne 13 und des Gehäuses 3 verdrehen. Während der Rotation bewegt sich der zweite Körper 2 entlang der Profilzähne 13, was in einer relativen Auf- und Abwärtsbewegung der beiden Körper 1, 2 gegeneinander resultiert. Unterschreitet der Abstand AB den beiden Körpern 1, 2 einen kritischen Abstand K, so können mittels Durchstoßfolie (nicht gezeigt) versiegelte Kavitäten 11a, 11b des ersten Körpers 1 durch auf dem zweiten Körper 2 angebrachte Dornen (nicht gezeigt) geöffnet werden. In Abhängigkeit der Rotationsorientierung können somit Kavitäten 11a, 11b sequentiell während der Prozessierung geöffnet werden.

**[0025]** Fig. 6 zeigt folgende Positionen: (1) eine Startposition. (2-3) Eine leichte Beschleunigung des Rotors 41 drückt die beiden Körper 1, 2 nach unten. (4) Über einer kritischen Beschleunigung wird die Führungsfeder

23 unter ein Trennelement 34a des Gehäuses 3 gedrückt und verschiebt sich entlang der Profilzähne 13, was zum Anstechen bzw. Freisetzen von Reagenzien aus einer ersten Kavität 11a führt. (5) Beim Entschleunigen setzt die Führungsfeder 23 auf einem abgeschrägten Ende des Trennelements 34a auf. (6) Sie wird bei weiterem Entschleunigen entlang diesem verschoben. Die Kraft der einer in der Vorrichtung vorgesehenen Feder (nicht gezeigt) ermöglicht dabei eine weitere Verdrehung des zweiten Körpers 2 entgegen dem "Gefälle" des Trennelements 34a. (7) Dabei erfolgt ein Hochschieben des ersten Körpers 1, bis der zweite Körper 2 schließlich bis zum nächsten Trennelement 34b in eine Führungsnut 32b des Gehäuses 3 gedreht wird. (1') Bei vollständiger Entschleunigung wird eine der Startposition äquivalente Position erreicht.

**[0026]** Das Transferieren von Flüssigkeiten aus den Vorlagerungs-Kammern erfolgt bei Verwendung der bekannten Kartuschenmechanik bei einer Dominanz der Zentrifugalkraft über die Federrückstellkraft. Folglich werden Flüssigkeiten mit hohen Flussgeschwindigkeiten freigesetzt, wodurch nur geringe Verweil- und Wechselwirkungszeiten beim Durchspülen funktionaler Passagen erzielt werden können. Darüber hinaus kommen in vielen Protokollen zur Prozessierung biochemischer Assays Inkubationsschritte vor, während denen nicht zentrifugiert werden soll. Um Reagenzien freizusetzen, in Abwesenheit von Zentrifugalkräften zu inkubieren und anschließend auszuspülen, würden mit der in Fig. 6 gezeigten Kartuschenmechanik zwei Schaltvorgänge, nämlich eine Verdrehung von (1) bis (1') benötigt. Zur Reagenzienfreisetzung muss die Kartuschenmechanik von der Ausgangsposition (1) bis in Position (4) ausgelenkt werden. Wird anschließend zum Inkubieren entschleunigt, springt der zweite Körper 2 in Position (1'). Zum Ausspülen der Reagenzien muss wieder zentrifugiert werden, was zur Initialisierung eines weiteren, zweiten Schaltvorganges führt. Ein Nachteil einer derartigen Durchführung ist, dass mehr Schaltvorgänge ausgeführt werden als Freisetzungsvorgänge benötigt sind. Dementsprechend wird die Anzahl an Reagenzien, die während eines Protokolls automatisch freigesetzt werden können, halbiert.

**[0027]** Fig. 7 zeigt eine Innenansicht eines Gehäuses 3 einer Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Im Gegensatz zum Gehäuse 3 der in Figur 4 dargestellten aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtung weist das Gehäuse 3 jeweils zwischen zwei Führungsnuten 32a, 32b eine Zwischennut 33a, 33b in einem Trennelement 34a, 34b auf, deren Länge  $T_{33}$  geringer ist als die Länge  $T_{32}$  der benachbarten Führungsnuten 32a, 32b. In jeder Zwischenphase, in der die Führungsfeder 23 mit einer Zwischennut 33a in Eingriff ist, ist die erste Kavität 11a mit der zweiten Kavität 21 fluidisch gekoppelt. Die Abstandsauslenkung in der Vorrichtung gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung ist in Figur 8 dargestellt. Hierbei bezeichnet a eine Startposition, b eine Freisetzungsposition, c eine Schaltposition und a'

eine Endposition eines Schaltprozesses.

**[0028]** Fig. 9 zeigt die Relativbewegungen des ersten Körpers 1 und des zweiten Körpers 2 gegenüber dem Gehäuse 3 in der Vorrichtung gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung. Sie zeigt folgende Positionen während eines Schaltvorganges: (1) Startposition in einer ersten Phase. (2) Eine leichte Beschleunigung führt zur Verdrehung in eine Freisetzungsposition in einer Zwischenphase, d.h. einer Aufhebung des Höhenabstandes zwischen den beiden Körpern 1, 2. Ein Entschleunigen aus dieser Position heraus führt zu keiner Verdrehung, da ein Einhaken in einer Zwischennut 33a erfolgt. Stärkeres Beschleunigen über eine kritische Schaltbeschleunigung (3) ermöglicht die Initiierung eines Schaltprozesses in einer zweiten Phase. Zwischen (3) und (4) wird die Führungsfeder 23 leicht entlang der Profilzähne 13 verdreht. (5) Sie wird daher bei Entschleunigung auf ein Trennelement 34a aufgesetzt. (6-7) Anschließend erfolgt eine Verdrehung des zweiten Körpers entlang des Gehäuses 3, bei der gleichzeitig der erste Körper 1 hochgedrückt wird. (1') Bei vollständiger Entschleunigung springt der zweite Körper 2 in eine der Startposition äquivalente Position.

**[0029]** Die Figur 10 stellt die Abstandsauslenkung in der Mechanik einer Vorrichtung gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung dar, in der die Führungsfedern 23 jeweils in Drehrichtung D des zweiten Körpers abgewinkelt sind. Zwischen einer Führungsnut 32a, 32b und einer Zwischennut 33a, 33b weist ein Trennelement 34a, 34b jeweils ein Führungselement 35a, 35b auf, das entgegen der Drehrichtung D des zweiten Körpers 2 abgewinkelt ist. Die Breite  $B_{23}$  eines Endes einer Führungsfeder 23 ist genauso groß, wie die Breite  $B_{35}$  eines Führungselements 35a, 35b. a bezeichnet eine Startposition, b eine Freisetzungsposition, p eine Schaltposition nach einem drehen des zweiten Körpers 2 entgegen seiner eigentlichen Drehrichtung D und a' eine Endposition eines Schaltprozesses. Die Relativbewegungen des ersten Körpers 1 und des zweiten Körpers 2 gegenüber dem Gehäuse 3 in dieser Ausführungsform der Erfindung sind in Figur 11 dargestellt. Diese zeigt folgende Positionen während eines Schaltvorganges: (0) Startposition in einer ersten Phase. (1) Eine leichte Beschleunigung führt zur Verdrehung in die Freisetzungsposition in einer Zwischenphase, d. h. einer Aufhebung des Höhenabstandes zwischen den Körpern 1, 2. (2) Ein Entschleunigen aus dieser Position heraus bewegt die Führungsfeder 23 entlang eines Führungselements 35a des Gehäuses 3 entgegen der eigentlichen Drehrichtung D. (3) Bei weiterer Beschleunigung wird die Führungsfeder 23 nur entlang der Profilzähne 13 abgelenkt, was wiederum zu einem Aufheben des Abstandes zwischen den beiden Körpern 1, 2 führt. (4) Während einer anschließenden Entschleunigung wird die Führungsfeder 23 weiter entlang der dem abgeschrägten Ende eines Trennelements 34a rotiert. (5) Dies führt zur Auslösung eines Schaltprozesses in einer zweiten Phase. In Abhängigkeit von dem Verhältnis zwischen dem Abstand d zwischen dem am wenigsten

tiefen Punkt einer Zwischennut 33a, 33b und einem benachbarten Führungselement 35a, 35b und der Länge a des abgewinkelten Endes der Führungsfeder 23 rutscht die Führungsfeder 23 in eine Startposition (0') oder bereits wieder in eine Freisetzungsposition (1').

**[0030]** Wie in Figur 10 dargestellt ist, kann in dieser Ausführungsform der Erfindung ein Trennelement 34a aus mehreren Unterstrukturen 341, 342 bestehen, um das Trennelement 34a mit einem Hinterschnitt so realisieren zu können, dass das Gehäuse 3 im Spritzguss hergestellt werden kann. Hierbei werden in dem Gehäuse 3 enthaltene Führungen abwechselnd modifiziert, so dass eine Unterstruktur 341, welche das Führungselement 35a aufweist, von oben her und eine Unterstruktur 342, welche eine Zwischennut 33a aufweist, von unten her entformt werden kann. Greifen parallele Führungsfedern 23 des zweiten Körpers 2 gleichzeitig in die Unterstrukturen 341, 342 des Gehäuses 3, erfahren sie dieselbe Führung die mit einem einheitlichen Trennelement 34a erreicht werden könnte. In allen Ausführungsformen der Erfindung hängt die notwendige Zentrifugalkraft für einen Schaltvorgang von der Auswahl einer Feder (nicht gezeigt) ab, die der Zentrifugalkraft entgegen wirkt. Diese muss mindestens so viel Kraft haben, dass sie es schafft, die beiden Körper 1, 2 aus dem Entschleunigungsweg wieder zurückzuschieben. Ihre Federkonstante kann beispielsweise  $K = 1,3 \text{ N/mm}$  betragen. Damit ist die notwendige Zentrifugalkraft für einen Schaltvorgang auf Zentrifugalkräfte von mindestens 200 g einstellbar. Hierbei bezeichnet g die Erdbeschleunigung. In der zweiten Ausführungsform der Erfindung beträgt die notwendige Zentrifugalkraft für einen Schaltvorgang dann mindestens 100 g, wenn eine zuverlässige ansteuerbare Trennung zwischen Start- und Freisetzungsposition gewünscht wird. Erfolgt ein Freisetzungsvorgang beim Entschleunigen während dem Beenden eines Schaltvorgangs, so nimmt die vorherrschende Zentrifugalkraft nach dem Anstecken einer Deckungsfolie entsprechend der eingestellten Entschleunigungsrate sehr schnell ab. Innerhalb von 1-3 Sekunden kann die Zentrifuge 4 während der Freisetzung dabei auf 0 g Zentrifugalkraft entschleunigen.

## 45 Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Einsetzen in einen Rotor (41) einer Zentrifuge (4), umfassend

- einen ersten Körper (1), der zumindest eine erste Kavität (11a, 11b) aufweist und der eine Mehrzahl von Profilzähnen (13) aufweist, welche umlaufend um den ersten Körper (11) angeordnet sind,
- einen zweiten Körper (2), der zumindest eine zweite Kavität (21) aufweist, und der an einer Außenseite (22) eine Mehrzahl von Führungsfedern (23) aufweist, welche in einem Endbe-

- reich (231) eine Deckseite (24) des zweiten Körpers (2) überragen, und in dem Endbereich (231) jeweils abgeschrägte Enden aufweisen,  
 - ein Gehäuse (3) in dem der erste Körper (1) und der zweite Körper (2) zueinander drehbar angeordnet sind, und das an einer Innenseite (31) eine Mehrzahl von Führungsnuten (32a, 32b) aufweist, welche sich in einer axialen Richtung entlang der Drehachse der beiden Körper (1, 2) zumindest in einem Bereich des Gehäuses (3) erstrecken,  
 wobei die Führungsfedern (23) ausgebildet sind, um wechselseitig mit den Profilzähnen (13) und den Führungsnuten (32a, 32b) Eingriff zu nehmen und wobei  
 - in einer ersten Phase in der eine Führungsfeder (23) mit einer Führungsnut (32a, 32b) in Eingriff ist die zweite Kavität (21) mit keiner Kavität des ersten Körpers (1) fluidisch gekoppelt ist, und  
**dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse (3) jeweils zwischen zwei Führungsnuten (32a, 32b) eine Zwischennut (33a, 33b) aufweist, deren Länge ( $T_{33}$ ) geringer ist, als die Länge ( $T_{32}$ ) der benachbarten Führungsnuten (32a, 32b), wobei in einer Zwischenphase in der die Führungsfeder (23) mit einer Zwischennut (33a) in Eingriff ist, die erste Kavität (11a) mit der zweiten Kavität (12) fluidisch gekoppelt ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einer zweiten Phase, in der die Führungsfeder (23) mit einem Profilzahn (13) in Eingriff ist, eine erste Kavität (11a) mit der zweiten Kavität (21) fluidisch gekoppelt ist.
  3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils zwischen zwei Führungsnuten (32a, 32b) ein Trennelement (34a, 34b) angeordnet ist, das in eine Drehrichtung (D) des zweiten Körpers (2) so abgeschrägt ist, dass bei einer Verringerung eines Abstandes zwischen dem ersten Körper (1) und dem zweiten Körper (2) eine Führungsfeder (23) entlang des Trennelements (34a, 34b) von einer Zwischennut (33a, 33b) weg in Richtung einer Führungsnut (32a, 32b) geführt werden kann.
  4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Enden der Führungsfedern (23) jeweils in die Drehrichtung (D) des zweiten Körpers (2) abgewinkelt sind.
  5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse (3) an seiner Innenseite (31) jeweils zwischen einer Führungsnut (32a, 32b) und einer Zwischennut (33a, 33b) ein Führungselement (35a, 35b) aufweist, das so abgewinkelt ist, dass das abgewinkelte Ende der Führungsfeder (23) so entlang dem Führungselement (35a, 35b) geführt werden kann, dass bei einer Erhöhung des Abstandes zwischen dem ersten Körper (1) und dem zweiten Körper (2) die Führungsfeder (23) entgegen der Drehrichtung (D) des zweiten Körpers (2) geführt werden kann.
  6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Abstand (d) zwischen dem Punkt der geringsten Länge einer Zwischennut (33a, 33b) und einem benachbarten Führungselement (35a, 35b) größer ist, als die Länge (a) des abgewinkelten Endes einer Führungsfeder (23).
  7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite ( $B_{23}$ ) eines Endes einer Führungsfeder (23) genauso groß ist, wie die Breite ( $B_{35}$ ) eines Führungselements (35a, 35b).
  8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Führungselement (35a, 35b) aus einer Unterstruktur (341) besteht, die separat von einer Zwischennut (33a, 33b) des Gehäuses gefertigt ist.
  9. Zentrifuge (4), umfassend eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7.
  10. Verfahren zum fluidischen Koppeln von Kavitäten (11a, 11 b, 12), umfassend
    - Anordnen einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 im Rotor (41) einer Zentrifuge (4), so dass bei einer Rotation des Rotors (41) der Abstand eines der beiden Körper (1) zu der Rotationsachse des Rotors (41) geringer ist, als der Abstand des anderen Körpers (2) zu der Rotationsachse, und so dass eine Führungsfeder (23) in einer ersten Phase mit einer ersten Führungsnut (32a) in Eingriff gebracht wird und die zweite Kavität (12) mit keiner Kavität des ersten Körpers (1) fluidisch gekoppelt ist,
    - Rotieren des Rotors (41) um seine Rotationsachse mit einer ersten Winkelgeschwindigkeit, wobei die Führungsfeder (23) aus der ersten Führungsnut (32a) herausbewegt wird, der erste Körper (1) gegenüber dem zweiten Körper (2) in einer Drehrichtung (D) gedreht wird und die erste Kavität (11a) mit der zweiten Kavität (12) fluidisch gekoppelt wird, und
    - Senken der ersten Winkelgeschwindigkeit auf eine zweite Winkelgeschwindigkeit, wobei die Führungsfeder (23) in einer Zwischenphase mit einer ersten Zwischennut (33a) in Eingriff gebracht wird.
  11. Verfahren nach Anspruch 10, weiterhin umfassend,



- Erhöhen der zweiten Winkelgeschwindigkeit auf eine dritte Winkelgeschwindigkeit, die größer als die erste Winkelgeschwindigkeit ist, wobei die Führungsfeder (23) aus der ersten Zwischennut (33a) herausbewegt wird und in einer zweiten Phase mit einem Profilzahn (13) in Eingriff gebracht wird, und 5

- Senken der dritten Winkelgeschwindigkeit auf eine vierte Winkelgeschwindigkeit, die geringer als die erste Winkelgeschwindigkeit ist, wobei der erste Körper (1) gegenüber dem zweiten Körper (2) in der Drehrichtung (D) gedreht wird, die Führungsfeder (23) in einer dritten Phase mit einer zweiten, zu der ersten Führungsnut (32a) benachbarten, Führungsnut (32b) in Eingriff gebracht wird, und die zweite Kavität (12) mit keiner Kavität des ersten Körpers (1) fluidisch gekoppelt wird. 10 15

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7 ist und dass der zweite Körper (2) beim Erhöhen der zweiten Winkelgeschwindigkeit auf eine dritte Winkelgeschwindigkeit zunächst um die Breite ( $B_{35}$ ) des Führungselements (35a) entgegen der Drehrichtung (D) des zweiten Körpers (2) gedreht wird und anschließend um die Breite ( $B_{35}$ ) des Führungselements (35a) in die Drehrichtung (D) des zweiten Körpers (2) gedreht wird. 20 25 30
13. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Vorrichtung eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7 ist, weiterhin umfassend, 35

- Erhöhen der zweiten Winkelgeschwindigkeit auf eine dritte Winkelgeschwindigkeit, die größer als die erste Winkelgeschwindigkeit ist, wobei die Führungsfeder (23) aus der ersten Zwischennut (33a) herausbewegt wird, der zweite Körper (2) zunächst um die Breite ( $B_{35}$ ) des Führungselements (35a) entgegen der Drehrichtung (D) des zweiten Körpers (2) gedreht wird und anschließend um die Breite ( $B_{35}$ ) des Führungselements (35a) in die Drehrichtung (D) des zweiten Körpers (2) gedreht wird und in einer zweiten Phase mit einem Profilzahn (13) in Eingriff gebracht wird, und 40 45

- Senken der dritten Winkelgeschwindigkeit auf eine vierte Winkelgeschwindigkeit, die geringer als die erste Winkelgeschwindigkeit ist, wobei der erste Körper (1) gegenüber dem zweiten Körper (2) in der Drehrichtung (D) gedreht wird, die Führungsfeder (23) in einer dritten Phase mit einer zweiten, zu der ersten Zwischennut (33a) benachbarten, Zwischennut (33b) in Eingriff gebracht wird, und die zweite Kavität (12) mit einer dritten, zu der ersten Kavität (11a) be- 50 55

nachbarten, Kavität (11b) des ersten Körpers (1) fluidisch gekoppelt wird.

Fig. 1

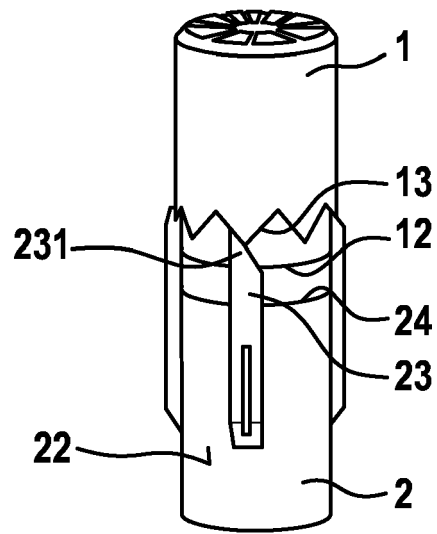
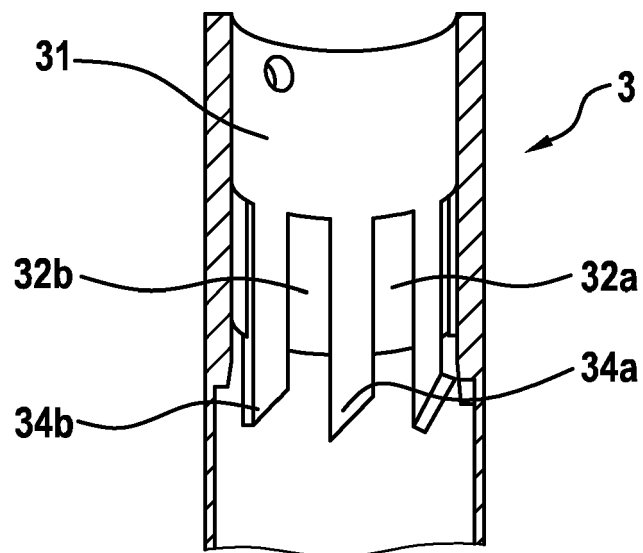
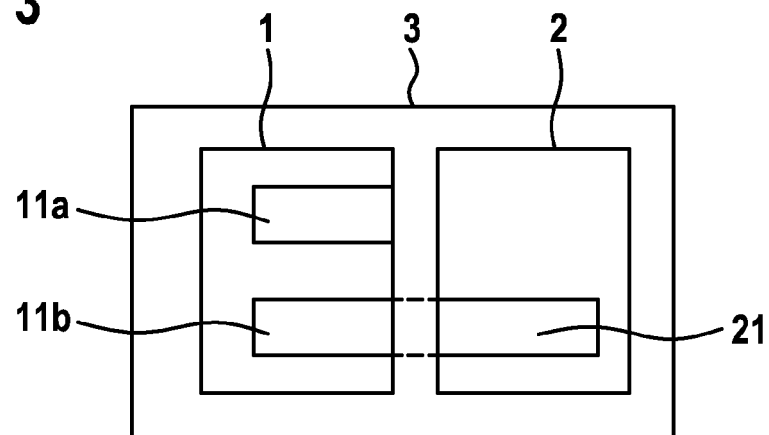


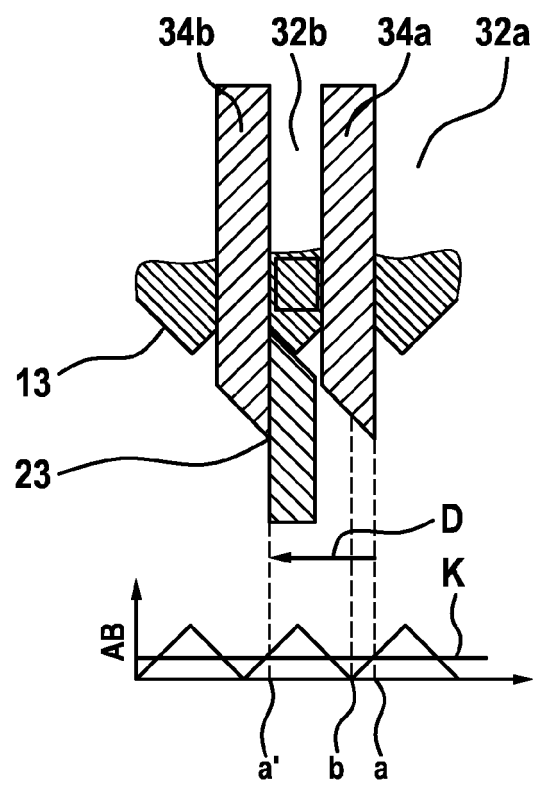
Fig. 2



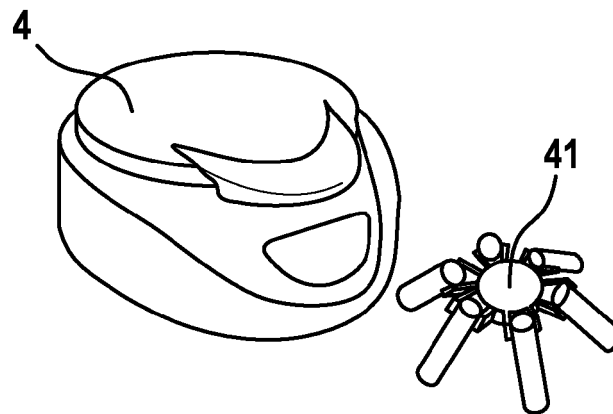
**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**

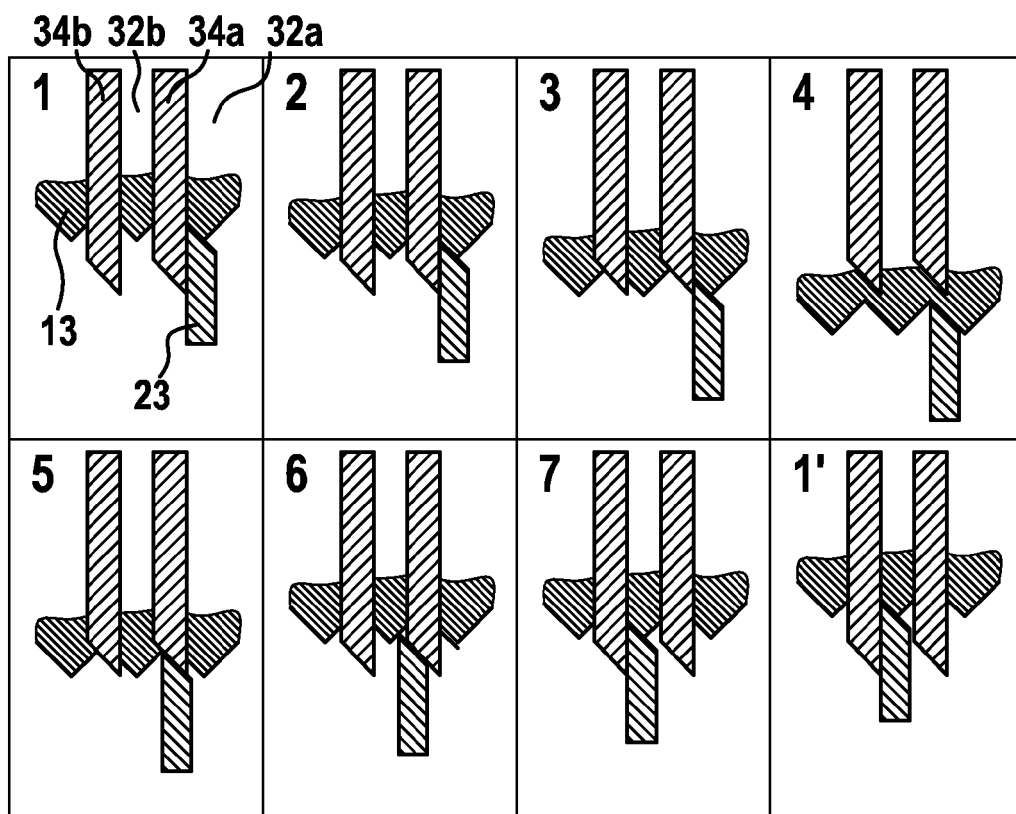


Fig. 7

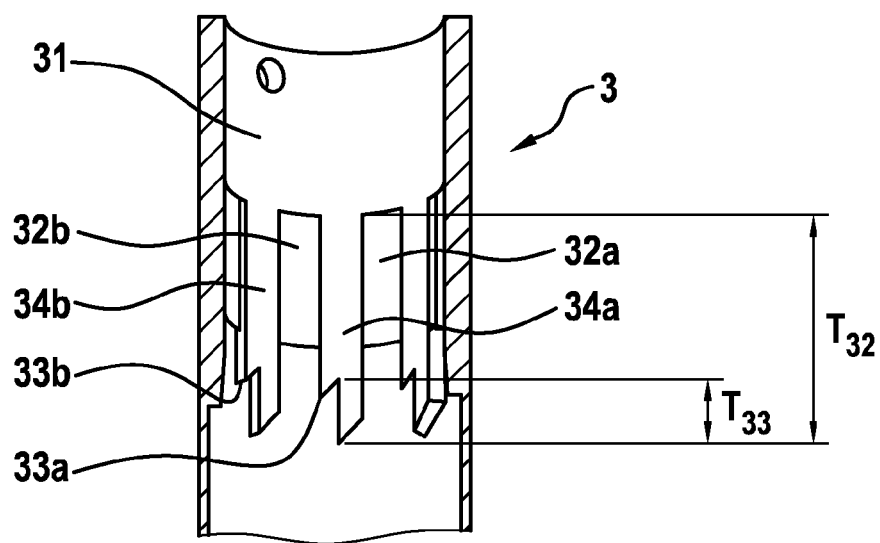
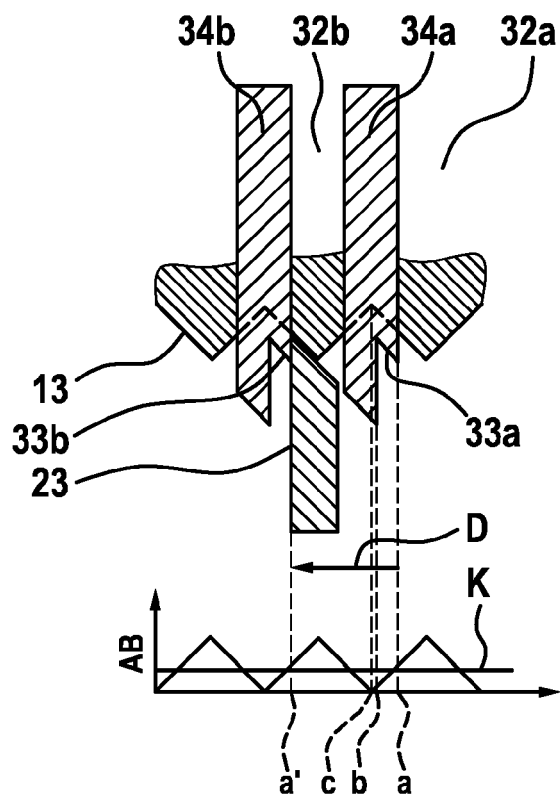
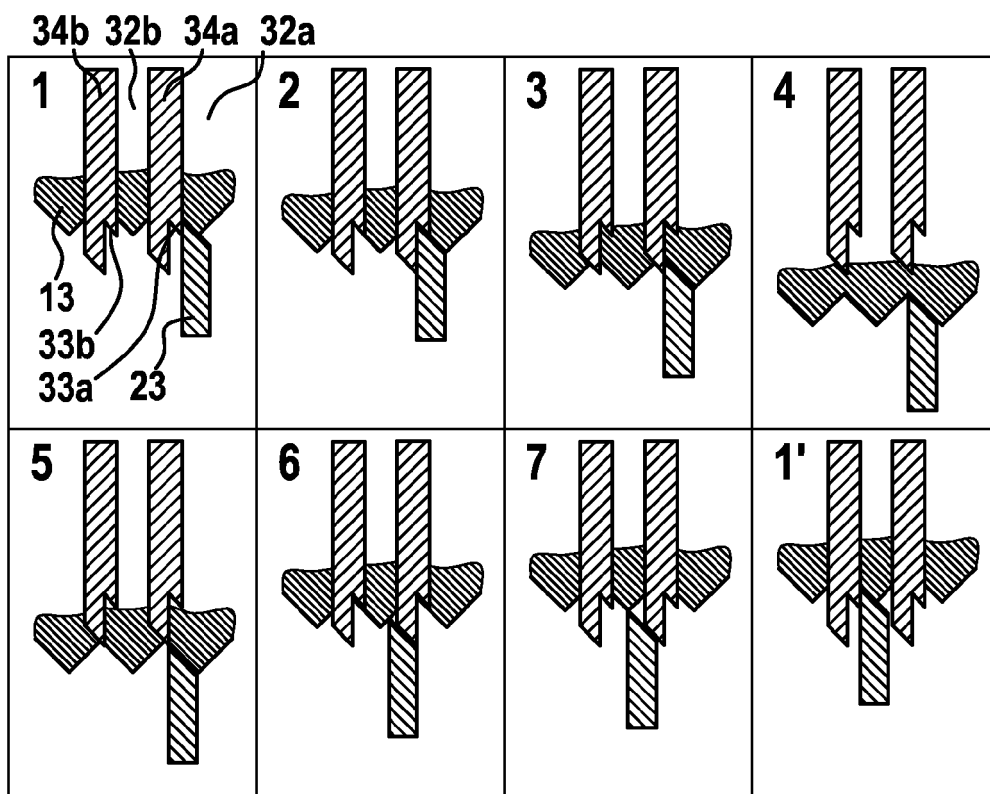


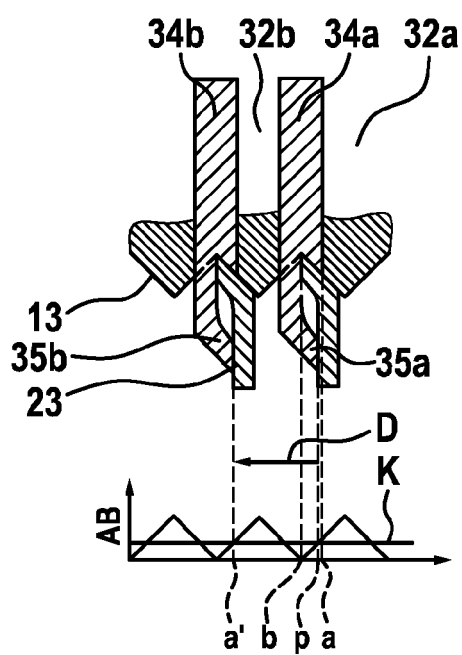
Fig. 8



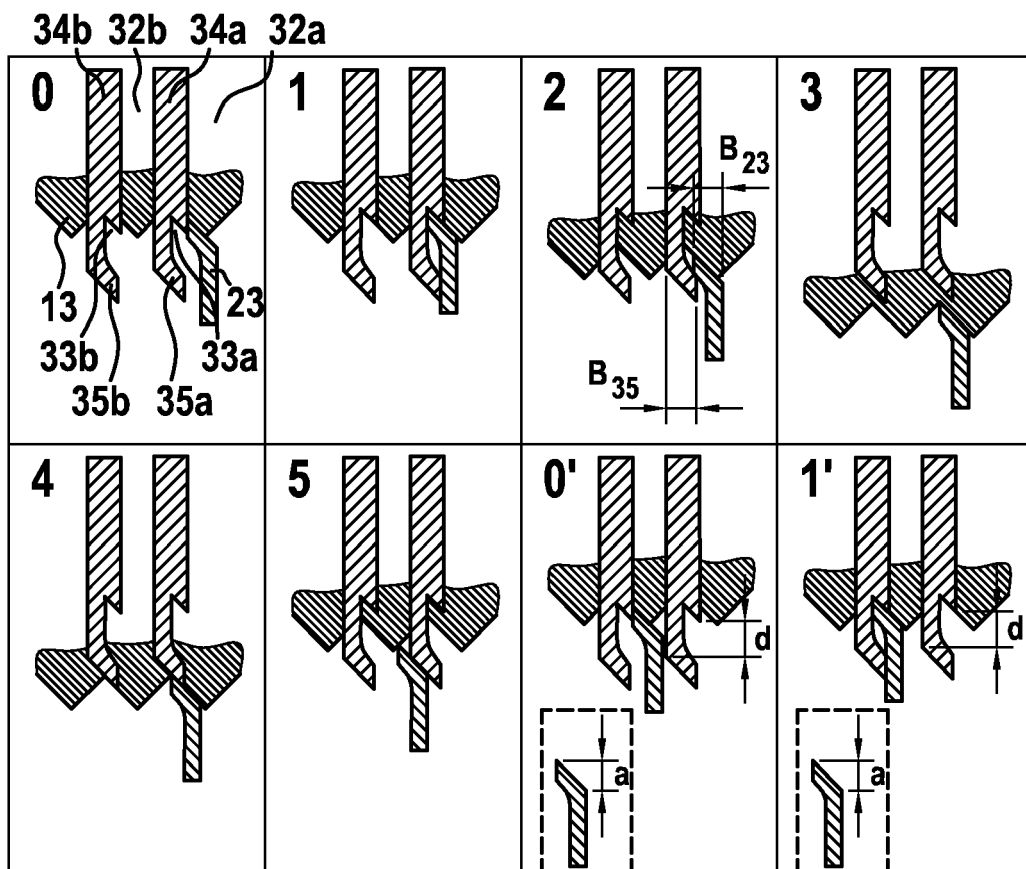
**Fig. 9**



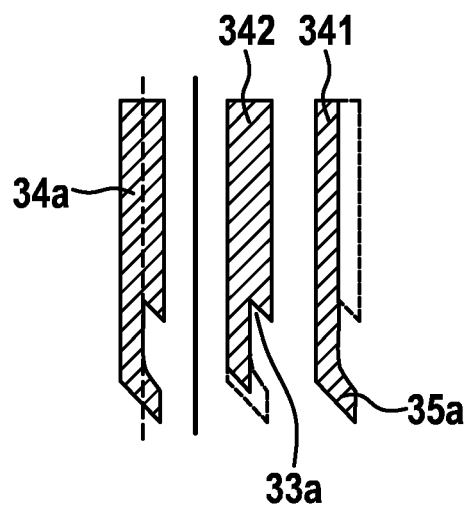
**Fig. 10**



**Fig. 11**



**Fig. 12**





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 14 15 4839

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 2 532 428 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12. Dezember 2012 (2012-12-12) * Absätze [0035] - [0045]; Abbildung 2 *	1	INV. B01L3/00
A	US 4 812 294 A (COMBS JOHN W [US]) 14. März 1989 (1989-03-14) * Spalte 6, Zeile 52 - Spalte 8, Zeile 35 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B01L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 27. Mai 2014	Prüfer Tragoustis, Marios
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P/MC03)



**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 14 15 4839

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27-05-2014

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2532428 A2	12-12-2012	CN 102814240 A	12-12-2012
		DE 102011077134 A1	13-12-2012
		EP 2532428 A2	12-12-2012
		US 2012314531 A1	13-12-2012
-----			
US 4812294 A	14-03-1989	KEINE	
-----			

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 2912676 A1 [0004]
- US 5045047 A [0005]
- DE 68923835 T2 [0006]
- DE 102010003223 A1 [0007] [0008] [0021]
- DE 2010003223 A1 [0014]