

(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
11. Dezember 2014 (11.12.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/195475 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F04B 43/12 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/061864
- (22) Internationales Anmeldedatum:
6. Juni 2014 (06.06.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2013 210 548.7 6. Juni 2013 (06.06.2013) DE
- (71) Anmelder: **BAUSCH** + **STRÖBEL
MASCHINENFABRIK ILSHOFEN GMBH + CO. KG**
[DE/DE]; Parkstraße 1, 74532 Ilshofen (DE).
- (72) Erfinder: **ACKERMANN, Simon**; Fränkische Straße 12,
74586 Frankenhardt (DE). **BAUER, Harald**; Alte Straße
2, 74549 Wolpertshausen (DE).
- (74) **Anwalt: TIESMEYER, Johannes**; Weickman &
Weickmann, Postfach 860 820, 81679 München (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) **Title:** PERISTALTIC PUMP HAVING REDUCED PULSATION AND USE OF THE PERISTALTIC PUMP

(54) **Bezeichnung :** PERISTALTIKPUMPE MIT VERRINGERTER PULSATION UND VERWENDUNG DER
PERISTALTIKPUMPE

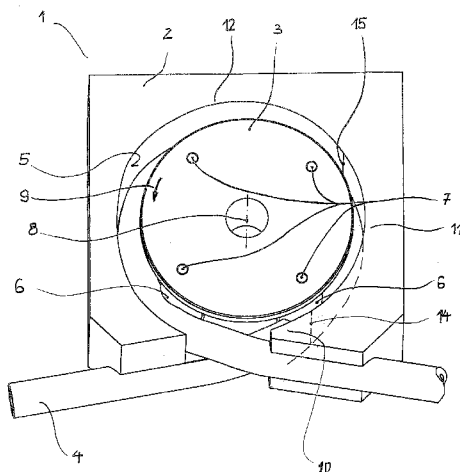


Fig.1

Peristaltikpumpe (1) zur Dosierung vorgeschlagen.

(57) **Abstract:** The invention relates to a peristaltic pump (1), comprising a saddle and a rotor (3) that can be rotated therein, between which a hose (4) is arranged. The rotor (3) bears hose-squeezing means (6), which slide over the hose (4) with the rotation of the rotor (3) and thus pump a pumping fluid. Pulsation effects occur when the hose-squeezing means (6) emerge from the hose (4). According to the invention, said pulsation effects are suppressed by suitably shaping an inner saddle surface (5) on which the hose (4) rests. In addition, the pulsation effects can be reduced or avoided by adjusting the rotational speed of the rotor in a controlled manner, suitably selecting a pumping end position for the metering of the pumping medium, or defining certain unchanging pumping end positions. The invention further relates to the use of such a peristaltic pump (1) for metering.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Peristaltikpumpe (1) mit einem Sattel und einem darin drehbaren Rotor (3), zwischen denen ein Schlauch (4) angeordnet ist. Der Rotor (3) trägt Schlauchquetschmittel (6), die mit der Drehung des Rotors (3) über den Schlauch (4) streichen und so ein Förderfluid fördern. Beim Austauchen der Schlauchquetschmittel (6) aus dem Schlauch (4) kommt es zu Pulsationseffekten. Erfindungsgemäß werden diese Pulsationseffekte unterdrückt, indem eine Sattelinnenfläche (5), auf der der Schlauch (4) aufliegt, geeignet geformt wird. Außerdem können die Pulsationseffekte durch geregelte Anpassung der Rotordrehzahl, geeignete Auswahl einer Förderendposition beim Dosieren des Fördermediums oder die Festlegung bestimmter unveränderlicher Förderendpositionen vermindert oder vermieden werden. Weiter wird die Verwendung einer solchen

WO 2014/195475 A2

Peristaltikpumpe mit verringerter Pulsation und Verwendung der Peristaltikpumpe

5

Beschreibung

Diese Erfindung betrifft eine Peristaltikpumpe zur Förderung eines fluiden Fördermediums durch einen Schlauch, umfassend einen Sattel mit einer bo-
genartig geformten Sattellinnenfläche und einen in dem Sattel um eine Dreh-
achse drehbar angeordneten Rotor mit mehreren winkelmäßig um die Dreh-
10 achse verteilt, der Sattellinnenfläche zumindest zeitweise gegenüberlie-
gend angeordneten Schlauchquetschmitteln zur äußeren Beaufschlagung ei-
nes zwischen der Sattellinnenfläche und dem Rotor anzuordnenden Schlauch-
es, derart, dass bei Drehung des Rotors eine jeweilige durch äußere Be-
aufschlagung des Schlauches durch ein Schlauchquetschmittel verursachte
15 lokale Verengung des Durchlassquerschnittes des Schlauchs sich mit dem
betreffenden Schlauchquetschmittel entlang der Sattellinnenfläche bewegbar
ist, um das Fördermedium in dem Schlauch zu fördern, wobei der Sattel ent-
lang der Sattellinnenfläche in der genannten Reihenfolge einen Eintauchbe-
reich entlang der Sattellinnenfläche von vorzugsweise 30°, einen Dichtbe-
20 reich über einen Winkelbereich der Sattellinnenfläche, der mindestens so
groß wie der Abstand zwischen zwei Schlauchquetschmitteln ist, und einen
Austaubereich für die Schlauchquetschmittel aufweist und wobei der ra-
diale Abstand zwischen der Drehachse des Rotors und der Sattellinnenfläche
25 im Eintauchbereich ab- und im Austaubereich zunimmt, so dass die
Schlauchquetschmittel bei ihrer Bewegung durch den Eintauchbereich den
Schlauch unter Verengung seines Durchlassquerschnitts zunehmend beauf-
schlagen und bei ihrer Bewegung durch den Austaubereich den Schlauch
zur Beseitigung oder zumindest Verminderung der jeweiligen Verengung ent-
30 lasten können. Weiter betrifft die Erfindung eine Verwendung der Peristaltik-
pumpe.

Es ist bekannt, zum Fördern von fluiden Fördermedien Schlauchpumpen zu

- 2 -

verwenden, die mit einem Schlauchquetschmittel, das etwa als Gleitschuh oder als Rolle ausgebildet sein kann, ausgestattet sind. Das Schlauchquetschmittel kann den Schlauch verschließen, der sich in einem Spalt zwischen dem Rotor und dem Inneren eines Sattels befindet. Durch das Vorwärtsbewegen der Verschlussstelle wird das Fördermedium gefördert. Dabei tritt ein Schlauchquetschmittel in einem Eintauchbereich in den Schlauch ein, bis es ihn zunehmend im Übergang zu dem Dichtbereich schließlich verschließt. Der in dem Dichtbereich erzeugte Verschluss wird mit dem Rotor und dem Schlauchquetschmittel entlang des Schlauchs verschoben, wodurch der Fördereffekt der Schlauchpumpe entsteht. Die Länge des Dichtbereichs erstreckt sich wenigstens über einen Abschnitt des Schlauches, der dem Abstand von zwei aufeinanderfolgenden Schlauchquetschmitteln entlang von deren Förderbahn entspricht. Ab dem Übergang des Dichtbereichs in den Austauschbereich auf der Austrittsseite der Peristaltikpumpe wird die Verschlussstelle in dem Schlauch geöffnet, indem das geöffnete Schlauchquetschmittel aus dem Schlauch austaucht und die Verschlussstelle wieder öffnet. Bei diesem Vorgang vergrößert sich das Innenvolumen des Schlauchs an der Verschlussstelle bzw. in der Umgebung der Verschlussstelle. Während der Schlauch zusammengedrückt und verschlossen ist, ist sein Innenvolumen verringert, wogegen bei vollständig aus dem Schlauch ausgetauchtem Schlauchquetschmittel der Schlauch seinen normalen Querschnitt einnimmt und ein beträchtlich höheres Innenvolumen in dem betreffenden Bereich aufweist als im verschlossenen Zustand. Durch diese Zunahme des Innenvolumens erfolgt beim Austauschen des Schlauchquetschmittels ein Rücksaugeffekt. Ein dem ausgetauchten Schlauchquetschmittel nachfolgendes, weiteres Schlauchquetschmittel verschließt den Schlauch zwischen einem Eintrittsbereich für Förderfluid in die Pumpe und einem Austrittsbereich, an dem das Austauschen stattfindet. Die Zunahme des Innenvolumens bzw. der Rücksaugeffekt in dem Austrittsbereich wirkt sich somit nur auf der Auslassseite der Pumpe aus. Dies führt dazu, dass bereits gefördertetes Förderfluid in die Pumpe zurückgesaugt wird. Betrachtet man das Fördern als einen kontinuierlichen Vorgang, so zeigt sich, dass der Rücksaugeffekt periodisch bei jedem Austauschen eines Schlauchquetschmittels aus dem

Schlauch auftritt. Sich wiederholende Rücksaugeffekte machen den Volumenstrom durch die Pumpe ungleichmäßig und werden im Folgenden als Pulsationseffekte bezeichnet. Je nach der Zeitdauer bzw. dem Winkelbereich der Rotation des Rotors, in dem das Austauschen stattfindet, ergibt sich
5 eine unterschiedliche Dynamik für den Rücksaugeffekt. Dieser kann beispielsweise über einen kurzen oder einen langen Winkelbereich stattfinden.

Um den Rücksaugeffekt zu vergleichmäßigen, wurden im Stand der Technik viele Schlauchquetschmittel auf einem Rotor eingesetzt. Dies hat jedoch den
10 Nachteil, dass die vielen Schlauchquetschmittel den Schlauch stark beanspruchen. Dies führt zu erhöhtem Abrieb, der insbesondere im Inneren des Schlauchs unerwünscht ist, weil er das Fördermedium verunreinigen kann. Weiter ist im Stand der Technik bekannt, nicht nur einen Förderschlauch zu verwenden, sondern zwei parallel betriebene Schläuche einzusetzen, die
15 von phasenmäßig versetzt zueinander wirkenden Schlauchquetschmitteln des Rotors überstrichen werden. Die zwei Schläuche in der Pumpe sind typischerweise vor bzw. nach der Pumpe jeweils mit einem Y-Stück jeweils in einem einzelnen Zuführ- bzw. Abführschlauch der Pumpe zusammengeführt. Durch die weitere Erhöhung und den Phasenversatz der Schlauchquetschmittel auf dem Rotor tritt eine verbesserte Vergleichmäßigung des Rücksaug-
20 saugeffekts und entsprechender Pulsationseffekte im Betrieb ein.

Die DE 196 11 637 B4 schlägt vor, die Winkelgeschwindigkeit des Rotors zu erhöhen, während ein Schlauchquetschmittel aus dem Schlauch austaucht,
25 um so den Rücksaugeffekt durch den sich aufweitenden Schlauch zu kompensieren. Dazu ist ein Winkelgeber mit dem Rotor verbunden, mit dessen Messergebnis die Geschwindigkeitsänderungen des Rotors winkelabhängig gesteuert werden. Bei hohen Produktionsgeschwindigkeiten kann dies jedoch steuerungstechnisch schwierig und durch die erforderlichen Beschleunigungen energieaufwendig sein. Unter Umständen sind nur geringe Rotor-
30 geschwindigkeiten erreichbar. Die WO 2009/095358 schlägt eine weitere Kompensationsmöglichkeit für die sich aus dem aufweitenden Schlauch ergebenden Pulsationseffekte vor. Der Schlauch wird dazu entlang einer Sat-

telinnenfläche geführt, die einen nicht konstanten Radius aufweist. Damit die Schlauchquetschmittel den Schlauch trotzdem über die Sattelinnenfläche verschlossen halten können, sind diese federnd vorgespannt, so dass sie eine gewisse Änderung des Abstands zwischen der Sattelinnenfläche und der Drehachse des Rotors überbrücken können. Wenn sich dabei die Schlauchquetschmittel weiter von der Drehachse des Rotors weg verlagern, erhöht sich deren Geschwindigkeit, so dass der Rücksaugeffekt durch eine verstärkte Förderung von Fördermedium kompensiert werden kann. Eine ähnliche Kompensationsmethode offenbart die DE 24 52 771 A1, wobei jedoch die Geschwindigkeitsunterschiede nicht durch die Sattelform bewirkt werden, sondern durch eine exzentrisch zum Mittelpunkt eines Sattels angeordnete Drehachse des Rotors. In dem Rotor sind ebenfalls radial verschiebbliche Schlauchquetschmittel angeordnet, die an den Stellen, wo die Drehachse des Rotors einen großen Abstand zu der Sattelinnenfläche aufweist, weiter aus dem Rotor ausfahren, während sie an Stellen mit geringerem Abstand zwischen der Drehachse des Rotors und der Sattelinnenfläche weiter einfahren. Dementsprechend ergeben sich unterschiedliche Geschwindigkeiten der einzelnen Schlauchquetschmittel auf den Schlauch. Diese sind so ausgelegt, dass die verstärkte Förderung außerhalb des Austauschbereichs eines Schlauchquetschmittels den Rücksaugeffekt kompensiert. Nachteilig an den beiden letztgenannten Lösungen ist, dass die Schlauchquetschmittel beweglich in dem Rotor ausgeführt sein müssen, was zu Verschleiß und einer höheren Ausfallwahrscheinlichkeit der Pumpe führt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und eine mechanisch unaufwendige und zuverlässige Lösung zur Vermeidung von Pulsationseffekten zu finden, die möglichst auch bei hohen Produktionsgeschwindigkeiten eingesetzt werden kann.

Gegenstand der Erfindung unter einem ersten Aspekt ist eine Peristaltikpumpe, bei der die Schlauchquetschmittel derart winkelmäßig beabstandet an dem Rotor vorgesehen sind und sich der Austauschbereich über einen derartigen Winkelbereich um die Drehachse des Rotors erstreckt, dass jeweils ein

Schlauchquetschmittel bei der Drehung des Rotors in dem Austauschbereich sein kann, wobei die Sattellinnenfläche in dem Austauschbereich so verläuft, dass der radiale Abstand zwischen der Sattellinnenfläche und der Drehachse des Rotors entlang der Bewegungsbahn der Schlauchquetschmittel derart variiert, dass eine Modulation der Beaufschlagung des Schlauchs durch das Schlauchquetschmittel beim Durchlaufen des Austauschbereiches in der Weise erfolgt, dass das Innenvolumen des Schlauchs an der Stelle der Beaufschlagung durch das Schlauchquetschmittel zumindest näherungsweise gleichmäßig zunimmt.

Ein Vorteil dieser Lösung ist, dass ein mechanisch einfacher Aufbau gewählt werden kann und dennoch eine Vergleichmäßigung der Pulsationseffekte möglich ist. Die Pulsation wird kompensiert, wenn das Innenvolumen des Schlauchs an einem Schlauchquetschmittel während dessen Austauschen gleichmäßig zunimmt. Dies ist möglich, wenn die Geschwindigkeit des Austauschens so gewählt wird, dass das Volumen gleichmäßig zunimmt. Dabei ist zu beachten, dass das Volumen eines gequetschten Schlauchs nicht linear mit dem Austauschweg eines Schlauchquetschmittels aus dem Schlauch zunimmt, sondern zu Beginn der Entlastung stark und mit zunehmendem Austauschen weniger stark zunimmt. Eine Variation des radialen Abstands zwischen der Sattellinnenfläche und der Drehachse des Rotors, die dies berücksichtigt, lässt das Schlauchquetschmittel dementsprechend zunächst sehr langsam aus dem Schlauch austauschen. Mit dem zunehmenden Austauschen nimmt dann auch die Austauschgeschwindigkeit zu, beispielsweise in Form einer Exponentialfunktion. Bei Schlauchquetschmitteln, deren Radius im Rotor fixiert ist, lässt sich eine entsprechende Austauschgeschwindigkeit durch die Form der Sattellinnenfläche realisieren. Ein Durchlaufen eines Austauschbereichs einer solchen Sattellinnenfläche mit einem Schlauchquetschmittel führt bei konstanter Geschwindigkeit zu einem konstanten Volumenstrom des Fördermediums.

In einer Ausführungsform der Peristaltikpumpe sind die Schlauchquetschmittel um die Drehachse des Rotors mit gleichen Winkelabständen zueinander

verteilt und die Länge des Austauschbereichs entspricht dem Winkelabstand zwischen zwei Schlauchquetschmitteln in dem Rotor. Auf diese Weise tritt bei der vollständigen Freigabe des Schlauchs durch ein Schlauchquetschmittel ein weiteres, nachfolgendes Schlauchquetschmittel in den Austauschbereich ein und beginnt mit einem Austauschen, bei dem der aus der Pumpe ausgestoßene Volumenstrom konstant ist. Da sich dieser Vorgang fortlaufend und vorzugsweise übergangslos ineinandergreifend wiederholt, ergibt sich bei einer konstanten Drehzahl des Rotors ein gleichmäßiger Volumenstrom aus der Pumpe. Bei einer Umschlingung des Rotors mit dem Schlauch von maximal 360° ist es möglich, eine solche Peristaltikpumpe mit zwei Schlauchquetschmitteln aufzubauen. Bei einer geringeren Umschlingung ist ein Aufbau mit drei Schlauchquetschmitteln möglich. Selbstverständlich sind auch mehr Schlauchquetschmittel denkbar. Es muss stets wenigstens ein Schlauchquetschmittel den Schlauch verschließen, damit eine sichere Förderung möglich ist.

In einer weiteren Ausführungsform der Peristaltikpumpe folgt ein Verlauf des radialen Abstands zwischen der Sattellinnenfläche und der Drehachse des Rotors ohne Modulation entlang von zumindest Teilen des Austauschbereichs einer linearen Funktion, einem Polynom oder einer Exponentialfunktion. Durch eine solche Funktion taucht ein Schlauchquetschmittel kontinuierlich aus dem Schlauch aus, wobei eine polynomiale oder exponentiale Funktion einen Teil der vorgenannten Kompensation von Pulsationseffekten bewirkt. Verbleibende Fehler können durch eine zusätzliche Modulation ausgeglichen werden.

In einer weiteren Ausführungsform der Peristaltikpumpe folgt der radiale Abstand zwischen der Sattellinnenfläche und der Drehachse des Rotors entlang der Bewegungsbahn der Schlauchquetschmittel über eine gleichmäßige Zunahme des radialen Abstands hinaus einer Modulation entlang des Austauschbereichs in der Weise, dass die Modulation eine ungleichmäßige Zunahme des Innenvolumens des Schlauches mit einem radialen Abstand zwischen der Sattellinnenfläche und der Drehachse des Rotors durch entspre-

- 7 -

chende stärkere oder schwächere Beaufschlagung durch das Schlauchquetschmittel kompensiert.

5 In einer weiteren Ausführungsform der Peristaltikpumpe ist die Modulation des radialen Abstands zwischen der Sattellinnenfläche und der Drehachse des Rotors durch eine Messung an einer gleichartigen Peristaltikpumpe ohne Modulation der Sattellinnenfläche derart festgelegt, dass an der Peristaltikpumpe ohne Modulation gemessene Pulsationseffekte im Fördermedium durch entgegenwirkende Modulation kompensiert werden. Obwohl es
10 möglich ist, durch beispielsweise polynomialen oder exponentialen Verlauf des Austauschens über den Austauschbereich eine Vergleichmäßigung des austretenden Volumenstroms zu erreichen, kann die Vergleichmäßigung optimiert werden, indem an einer noch nicht endgültig optimierten Pumpe eine verbleibende Pulsation gemessen und das Messergebnis für die Kompensation durch die Form der Sattellinnenfläche herangezogen wird. Insbesondere
15 wird bei diesem Heranziehen berücksichtigt, auf welche Weise der Austauschweg eines Schlauchquetschmittels aus dem Schlauch mit der Volumenzunahme im Schlauch zusammenhängt, um von den gemessenen Pulsationseffekten zu einer geeigneten Geometrie einer Sattellinnenfläche zu kommen.
20

In einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Peristaltikpumpe gemäß Anspruch 1 vorgeschlagen, bei der die Schlauchquetschmittel derart winkelmäßig beabstandet an dem Rotor vorgesehen sind und sich der
25 Austauschbereich über einen derartigen Winkelbereich um die Drehachse des Rotors erstreckt, dass jeweils wenigstens zwei aufeinander folgende Schlauchquetschmittel bei der Drehung des Rotors in dem Austauschbereich sein können, wobei die Sattellinnenfläche in dem Austauschbereich so verläuft, dass der radiale Abstand zwischen der Sattellinnenfläche und der Drehachse des Rotors entlang der Bewegungsbahn der Schlauchquetschmittel
30 derart variiert, dass eine Modulation der Beaufschlagung des Schlauchs durch die Schlauchquetschmittel beim Durchlaufen des Austauschbereichs in der Weise erfolgt, dass Pulsationseffekte, die im Fördermedium aufgrund der

Änderung der Beaufschlagung des Schlauches durch eines der beiden den Austauschbereich jeweils gemeinsam durchlaufenden Schlauchquetschmittels entstehen, durch eine Änderung der Beaufschlagung des Schlauches durch das andere der beiden den Austauschbereich jeweils gemeinsam durchlaufenden Schlauchquetschmittel beim Durchlaufen des Austauschbereichs zu-

5
mindest teilweise kompensiert werden.

Wie schon oben erklärt, können Pulsationen entstehen, indem das Austauschen von Schlauchquetschmittel aus dem Schlauch gleichmäßig vorstatten

10
geht, jedoch eine ungleichmäßige Wirkung auf die Zunahme des Innenvolumens des Schlauchs hat. Dadurch entsteht der oben erklärte Rücksaugeffekt und ein ungleichmäßiger Volumenstrom aus der Peristaltikpumpe. Die Kompensation eines solchen durch Pulsationseffekte ungleichmäßigen Volumenstroms durch ein zweites Schlauchquetschmittel kann einfacher sein als eine

15
direkte Vergleichmäßigung des austretenden Volumenstroms, insbesondere dann, wenn zur Kompensation genaue Vorgaben für kleine Austauschwege einzuhalten wären. Da stets zwei Schlauchquetschmittel in den Schlauch eingetaucht sein müssen, um diesen Aspekt der Erfindung zu realisieren, ist eine entsprechende Umschlingung des Rotors der Peristaltikpumpe erforder-

20
lich. Bei drei Schlauchquetschmitteln in dem Rotor ist ein Austauschbereich von wenigstens 240° erforderlich, während bei vier Schlauchquetschmitteln 180° Austauschbereich erforderlich sind. Wie schon in Bezug auf die direkte Kompensation gemäß den oben ausgeführten Aspekten der Erfindung beschrieben, wird es in einer Variante bevorzugt, die Schlauchquetschmittel

25
um die Drehachse des Rotors mit gleichen Winkelabständen zueinander zu verteilen und die Länge des Austauschbereichs als den doppelten Winkelabstand zwischen zwei Schlauchquetschmitteln in dem Rotor festzulegen.

Dann beginnt bei Beendigung eines Kompensationszyklus mit zwei Schlauchquetschmitteln ein weiterer Kompensationszyklus, bei dem ein aus

30
dem Austauschbereich auslaufendes Schlauchquetschmittel durch ein neu in den Austauschbereich einlaufendes Schlauchquetschmittel ersetzt ist.

In einer weiteren Ausführungsform der Peristaltikpumpe weist die Sattelin-

nenfläche einen Vorgabeabschnitt des Austauschbereichs, der von einem der beiden aufeinander folgenden Schlauchquetschmittel durchlaufen wird, wobei der radiale Abstand zwischen der Sattelinnenfläche und der Drehachse des Rotors entlang des Vorgabeabschnitts kontinuierlich zunimmt, und einen

5 Kompensationsabschnitt auf, der gleichzeitig zu dem Durchlaufen des Vorgabeabschnitts mit dem einen Schlauchquetschmittel von dem anderen der aufeinander folgenden Schlauchquetschmitteln durchlaufen wird und der eine Modulation des radialen Abstands zwischen der Sattelinnenfläche und der Drehachse des Rotors entlang des Kompensationsabschnitts aufweist,

10 wobei mittels der Modulation Pulsationseffekte, die im Fördermedium aufgrund der Änderung der Beaufschlagung des Schlauches durch das Schlauchquetschmittel in dem Vorgabeabschnitt entstehen, kompensiert werden. Obwohl es grundsätzlich denkbar ist, beispielsweise zwei einander ergänzende Kompensationsabschnitte in dem Austauschbereich vorzusehen,

15 wird es bevorzugt, einen einfach gestalteten Vorgabebereich und einen dazu passenden Kompensationsbereich zu verwenden. Wenn dementsprechend in dem Vorgabeabschnitt überdurchschnittlich viel Fördermedium durch die Zunahme des Innenvolumens des Schlauchs absorbiert wird, ist der Kompensationsabschnitt bevorzugt so gestaltet, dass er dann eine Kompression des Schlauchs bewirkt, durch die eine entsprechende Menge von Förderfluid

20 bereitgestellt wird, so dass es zum Äußeren der Pumpe hin keinen Pulsationseffekt gibt.

In einer weiteren Ausführungsform ist der Vorgabeabschnitt so in dem Austauschbereich angeordnet, dass er von den Schlauchquetschmitteln vor dem Durchlaufen des Kompensationsbereichs durchlaufen wird. Da zumindest bei

25 Schläuchen mit kreisrundem Querschnitt die Zunahme des Innenvolumens aus dem vollständig zusammengequetschten Zustand heraus am stärksten ist, wird die stärkste Pulsation erzeugt, wenn ein Schlauchquetschmittel den Austauschbereich erreicht und mit dem Öffnen des Schlauchs beginnt. Um hierbei eine Kompensation vorzunehmen, wäre eine sehr genaue Steuerung des Austauschvorgangs erforderlich. Es ist daher einfacher, ein simples, gleichmäßiges Austauschen vorzusehen und den Kompensationsabschnitt in

30

- 10 -

Durchlaufrichtung hinter dem zuerst durchlaufenen Vorgabeabschnitt anzuordnen.

Weiterbildend wird vorgeschlagen, dass ein von dem Dichtbereich umfasster Förderabschnitt mit konstantem radialen Abstand zwischen der Drehachse des Rotors und der Sattellinnenfläche, der Vorgabeabschnitt und der Kompensationsabschnitt so dimensioniert sind, dass sie gleichzeitig und ununterbrochen von jeweiligen Schlauchquetschmitteln bei Rotation des Rotors durchlaufen werden, wobei jeweils ein Schlauchquetschmittel in jedem der genannten Abschnitte den Schlauch beaufschlagen kann und dass der Förderabschnitt, der Vorgabeabschnitt und der Kompensationsabschnitt sich über gleich große Winkelabstände um die Drehachse des Rotors erstrecken.

In einer weiteren Ausführungsform der Peristaltikpumpe folgt ein Verlauf des radialen Abstands zwischen der Sattellinnenfläche und der Drehachse des Rotors ohne Modulation entlang von zumindest Teilen des Austauschbereichs einer linearen Funktion, einem Polynom oder einer Exponentialfunktion. Solche Verläufe sind leicht zu berechnen, entsprechende Sättel leicht herzustellen und liefern einen reproduzierbaren Austauschvorgang eines Schlauchquetschmittels aus dem Schlauch. Wie schon in Bezug auf den erstgenannten Aspekt dieser Erfindung erklärt, kann die Ungleichmäßigkeit des Volumenstroms, die trotz eines möglicherweise schon vorliegenden Kompensationsmittels eines solchen Verlaufs verbleibt, durch einen entsprechenden Kompensationsbereich für ein zweites Schlauchquetschmittel im Austauschbereich kompensiert werden.

In einer weiteren Ausführungsform der Peristaltikpumpe verläuft die Modulation des radialen Abstands zwischen der Sattellinnenfläche und der Drehachse des Rotors entlang des Kompensationsabschnitts wenigstens näherungsweise sinusförmig. Experimente haben gezeigt, dass ein gleichmäßiges Austauschen eines Schlauchquetschmittels aus dem Schlauch in dem Vorgabebereich ohne Kompensation durch einen Kompensationsbereich zu einem im Wesentlichen sinusförmig verlaufenden Pulsationseffekt im Volumenstrom

aus der Pumpe führt. Dementsprechend ist es sinnvoll, den Kompensationsabschnitt mit einer entsprechend entgegengesetzt wirksamen wenigstens näherungsweise sinusförmigen Oberflächenmodulation der Sattelinnenfläche zu versehen. Als besonders vorteilhaft hat sich dies bei Schläuchen mit kreisrundem Querschnitt herausgestellt.

In einer weiteren Ausführungsform der Peristaltikpumpe ist eine Abstandsvergrößerungshalbwelle der wenigstens näherungsweise sinusförmigen Modulation, aufgrund der sich der radiale Abstand zwischen der Sattelinnenfläche und der Drehachse des Rotors während des Durchlaufs eines Schlauchquetschnitts durch den Kompensationsabschnitt vergrößert, in Bezug auf das Durchlaufen mit einem Schlauchquetschnitt vor einer Abstandsverringerngshalbwelle, aufgrund derer sich der radiale Abstand zwischen der Sattelinnenfläche und der Drehachse des Rotors während des Durchlaufs eines Schlauchquetschnitts durch den Kompensationsabschnitt verkleinert, angeordnet. Somit folgt auf den Vorgabeabschnitt zunächst die Abstandsvergrößerungshalbwelle und dann die Abstandsverringerngshalbwelle, wobei die beiden Halbwellen den Kompensationsabschnitt darstellen. Diese Anordnung eignet sich besonders für Schläuche mit kreisrundem Querschnitt und gleichmäßiger Zunahme des radialen Abstands zwischen der Sattelinnenfläche und der Drehachse des Rotors in dem Vorgabeabschnitt. Die Begriffe Abstandsverringerng und Abstandsvergrößerung in Bezug auf die Halbwellen beziehen sich jeweils auf einen Mittelwert der wenigstens angenäherten Sinusfunktion, wobei der Mittelwert z.B. einer linearen Funktion überlagert sein kann. Durch die Abstandsverringerngshalbwelle wird der Schlauch in dem Kompensationsabschnitt komprimiert, so dass Fördermedium bereitgestellt wird, welches durch die starke Zunahme des Innenvolumens an dem Schlauchquetschnitt in dem Vorgabeabschnitt aufgenommen werden kann, so dass eine Pulsation zum Äußeren der Pumpe hin verringert wird. Umgekehrt wird während des Durchlaufens der Abstandsvergrößerungshalbwelle mit einem Schlauchquetschnitt eine Zunahme des Innenvolumens an der Quetschstelle in dem Kompensationsabschnitt bewirkt, so dass eine geringere Zunahme des Innenvolumens in dem Vorgabeabschnitt zu einem ins-

gesamt gleichmäßigen Volumenstrom kompensiert wird. Vorzugsweise ist die Form der beiden Halbwellen auf einen Schlauchtyp mit einem bestimmten Innendurchmesser, insbesondere mit kreisrundem Querschnitt, abgestimmt und für diesen optimal geeignet.

5

In einer weiteren Ausführungsform der Peristaltikpumpe ist die Modulation des radialen Abstands zwischen der Sattellinnenfläche und der Drehachse des Rotors entlang des Kompensationsabschnitts durch eine Messung an einer gleichartigen Peristaltikpumpe ohne Modulation des Kompensationsabschnitts derart festgelegt, dass an der Peristaltikpumpe ohne Modulation des Kompensationsabschnitts gemessene Pulsationseffekte im Fördermedium durch entgegenwirkende Modulation im Kompensationsabschnitt kompensiert werden. Durch ein solches Vorgehen kann die Pulsation optimal korrigiert werden, da die Kompensation auf tatsächlich gemessenen Werten beruht. Eine Messung kann beispielsweise durch Auswiegen des geförderten Fördermediums realisiert werden. Bevorzugt wird eine solche Messung mehrfach wiederholt und die Messwerte zu einzelnen Winkelstellungen des Rotors arithmetisch gemittelt. Bei der Berechnung der erforderlichen Korrekturform wird vorzugsweise ein Zusammenhang zwischen Schwankungen des Volumenstroms und der Form der Sattellinnenfläche berücksichtigt, und dabei insbesondere der Zusammenhang zwischen dem Maß des Einquetschens des Schlauchs und dem damit verbundenen Innenvolumen des Schlauches. Vorzugsweise wird am Vorgabeabschnitt eine lineare Zunahme des radialen Abstands zwischen der Sattellinnenfläche und der Drehachse des Rotors bewirkt. Besonders bevorzugt weist der Rotor vier Schlauchquetschmittel auf, insbesondere in Form von Rollen. Entsprechend beträgt die winkelmäßige Größe des Austauschbereichs bevorzugt 180°. Dies wird auch für alle anderen Ausführungsformen bezüglich dieses Aspekts der Erfindung bevorzugt. Vorzugsweise wird eine Kompensation gemäß dieser Ausführungsform für verschiedene Schlauchdurchmesser jeweils einzeln vorgenommen und jeweils entsprechend kompensierte Sättel verwirklicht, die jeweils für einen entsprechenden Schlauch geeignet sind. Vorzugsweise ist der Sattel in der Peristaltikpumpe leicht auswechselbar, so dass die Pumpe

10
15
20
25
30

leicht an einen anderen Schlauchtyp anpassbar ist.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die Peristaltikpumpe gemäß dem eingangs genannten Oberbegriff dahingehend weitergebildet, dass in
5 der Pumpe ein Pulsationsfühler vorgesehen ist, der Pulsationseffekte in dem Fördermedium erfasst, und durch Variation einer Drehgeschwindigkeit des Rotors den Pulsationseffekten entgegenwirkt. Im Stand der Technik wurde vorgeschlagen, den Pulsationseffekten durch Änderung der Drehgeschwin-
digkeit des Rotors entgegenzuwirken, wobei jedoch diese Änderungen auf
10 einem festen Schema basiert sind, in dem jeder Winkelstellung des Rotors eine bestimmte Geschwindigkeit bzw. ein Antriebsstrom oder eine Antriebsfrequenz zugeordnet ist. Dazu ist ein Winkelsensor erforderlich. Erfindungs-
gemäß soll eine Regelung realisiert werden, die auf tatsächlich auftretende Pulsationseffekte reagiert und diese über Geschwindigkeitsänderung des
15 Rotors ausregelt. Vorteilhaft ist, dass eine solche Lösung unabhängig vom eingesetzten Schlauchtyp funktioniert. Als Pulsationsfühler kommt dabei eine Volumenstrommessung oder eine Druckmessung in dem Förderfluid in Be-
tracht, oder es können äußere Verformungen wie etwa der Durchmesser oder Dehnungen an dem Schlauch gemessen werden, um ein Maß für die
20 Pulsationseffekte zu bekommen. Darüber hinaus sind weitere dem Fachman bekannte Lösungen zur Ermittlung der Pulsationen denkbar.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine Peristaltikpumpe gemäß dem eingangs genannten Oberbegriff vorgeschlagen, die dahingehend wei-
25 tergebildet ist, dass die Pumpe dazu eingerichtet ist, bei Dosierung einer Menge eines Förderfluids Pulsationseffekte in dem Förderfluid dadurch zu kompensieren, dass eine Förderendstellung des Rotors beim Abschluss der Dosierung mittels einer Steuereinrichtung gegenüber einer unkompen-
sierten Förderendstellung vor- oder zurückverlegt wird. Unter der Voraussetzung,
30 dass bekannt ist, in welcher Winkelstellung des Rotors welcher Pulsationseffekt vorliegt, ist es möglich, das Förderende so vorherzubestimmen, dass eine Abweichung von einem gleichmäßigen Volumenstrom aus der Pumpe kompensiert werden kann. Beispielsweise wird dazu die Förderendstellung

vorverlegt, wenn die Pulsation dazu führt, dass zu wenig Volumen gefördert wird, während die Förderendstellung zurückverlegt wird, um einen zu starken Fördervolumenstrom zu kompensieren. Das Ausmaß der Vor- oder Zurückverlegung kann mittels des bekannten Volumenstroms aus der Pumpe berechnet werden. Üblicherweise werden mit dem Rotor beim Dosieren Geschwindigkeitsprofile gefahren, die eine Startrampe umfassen, in der der Rotor beschleunigt wird, woran sich eine Phase mit konstanter Drehzahl und danach eine Stopprampe anschließt, in der der Rotor von der konstanten Drehzahl bis zum Stillstand abgebremst wird. Die Kompensation kann durch Änderungen der Steilheit der Start- oder Stopprampe oder Verlängerung oder Verkürzung der Phase mit konstanter Drehzahl erreicht werden, was jeweils eine Verlegung der Förderendstellung bewirkt. Dies entspricht einer Kompensation durch den Förderweg des Rotors. In einer Variante wird die Zielposition für die nächste Dosierung nach Abschluss der vorangehenden Dosierung berechnet. Dabei kann die letzte Förderendstellung und die mit dieser Stellung verbundene Wirkung des Pulsationseffekts berücksichtigt werden. Ganz allgemein kann eine Veränderung des Volumenstroms aus der Pumpe während des gesamten Dosiervorgangs aufintegriert werden und das Ergebnis dieser Integration kompensiert werden. Insbesondere kann die Berechnung der Kompensationsmenge und die entsprechende Verlegung der Förderendstellung in Abhängigkeit des verwendeten Schlauchtyps durchgeführt werden.

In einer Ausführungsform dieser Peristaltikpumpe bestimmt eine Steuereinrichtung ein Ausmaß und eine Richtung der Verlegung der Förderendstellung des Rotors zur Kompensation wenigstens näherungsweise mittels einer Sinusfunktion, die von der unkompensierten Förderendstellung abhängt. Es wird somit von einem idealisiert gleichmäßigen Fördervolumenstrom ausgegangen, eine theoretische Förderendstellung daraus berechnet und sodann eine Kompensation mittels einer Sinusfunktion vorgenommen. Der zur Kompensation verwendete Wert der Sinusfunktion wird dabei aus der theoretischen Förderendstellung ermittelt. In einer Weiterbildung dieser Peristaltikpumpe ist die Sinusfunktion in ihrer Phasenlage, Amplitude und Frequenz

sowie in ihrem Offset einstellbar. Zur Einstellung der Phasenlage kann ein Winkeloffset zu dem Winkel der unkompensierten Förderendstellung addiert werden. Die Amplitude kann durch Multiplikation des Ergebnisses eingestellt werden. Die Frequenz der Sinusfunktion kann durch einen Faktor eingestellt werden, mit dem der Winkel der unkompensierten Förderendstellung multipliziert wird. Ein Offset kann eingestellt werden, indem zu dem Ergebnis der vorgenannten Operationen ein Offsetwert addiert oder subtrahiert wird. Die genannten Einstellwerte können von dem Schlauchtyp, dem Satteltyp und einer Überdrückung des Schlauchs abhängen. Mit einer Überdrückung des Schlauchs ist gemeint, dass der Schlauch über das Ausmaß des Zusammendrückens, bei dem der Schlauch geschlossen ist, hinaus weiter komprimiert wird. Entsprechende Werte können in der Steuereinrichtung gespeichert und abrufbar sein.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine Peristaltikpumpe mit den eingangs genannten Merkmalen vorgeschlagen, die dahingehend weitergebildet ist, dass die Schlauchquetschmittel winkelmäßig gleichmäßig um die Drehachse des Rotors verteilt sind, und die Steuereinrichtung die Pumpe derart steuert, dass der Rotor für eine Dosierung eine Förderendstellung mit einem Winkelabstand zu einer vorangehenden Förderendstellung einnimmt, wobei der Winkelabstand dem Winkel zwischen zwei benachbarten Schlauchquetschmitteln auf dem Rotor oder einem Vielfachen davon entspricht. Pulsationseffekte treten typischerweise während eines Durchlaufs eines Schlauchquetschmittels durch den Austauschbereich in einem bestimmten Muster auf und wiederholen sich beim Durchlauf der nachfolgenden Schlauchquetschmittel. Wenn somit immer in derselben Winkelposition eines Schlauchquetschmittels während eines Durchlaufs durch den Austauschbereich angehalten wird (Förderendstellung), ergibt sich jeweils ein konstantes Volumen, das von der letzten Förderendstellung in derselben Winkelstellung eines vorangegangenen Schlauchquetschmittels bis zur aktuellen Förderendstellung gefördert worden ist. Eine spezielle Kompensation von Fehlern der Fördermenge kann somit entfallen. Nachteilig ist, dass nur diskrete Fördermengen gefördert werden können. Es wird daher bevorzugt, besonders

dünne Schläuche zu verwenden, so dass die Diskretisierung möglichst fein ist. Weiter kann die Diskretisierung durch die Wahl einer hohen Anzahl von Schlauchquetschmitteln auf dem Rotor verfeinert werden. Die genannte Ausführungsform kann mit Merkmalen der anderen Ausführungsform kombiniert werden, insbesondere, wenn sich synergetische Vorteile ergeben. Besonders bevorzugt sind drei, vier, fünf oder sechs Rollen als Schlauchquetschmittel an dem Rotor vorgesehen. Besonders bevorzugt wird ein Schlauch so dünn gewählt, dass der Drehwinkel für die zu fördernden Dosiermenge maximal ist. Je größer dieser Drehwinkel ist, desto genauer wird die Dosierung. Generell und unabhängig von dieser Ausführungsform kann eine geförderte Menge mit einer Waage gewogen werden. Typischerweise wird zur Ermittlung einer Fördercharakteristik eine Wägung nach jeder Änderung des Winkels des Rotors um 1° vorgenommen.

Allen vorgenannten Aspekten der Erfindung ist gemeinsam, dass entsprechende Peristaltikpumpen für die Verwendung von genau einem Schlauch ausgestaltet sind. Dadurch können Y-Stücke weggelassen werden, die gemäß dem Stand der Technik als Verzweiger für mehrere zwischen Rotor und Sattel eingelegte Schläuche erforderlich sind. Weiter ist ein symmetrischer Aufbau der Pumpe möglich, d.h. dass der Rotor der Pumpe rechtsdrehend oder linksdrehend betrieben werden kann. Dazu ist die Sattellinnenfläche bevorzugt um eine Mitte herum mit zwei Austauschbereichen versehen, von denen jeweils einer in jeder Drehrichtung als Austauschbereich und einer als Eintauchbereich wirkt. Der Eintauchbereich wird dabei in eine der Durchlaufrichtung durch den Austauschbereich entgegengesetzte Richtung von Schlauchquetschmitteln durchlaufen. Die Austauschbereiche sind vorzugsweise symmetrisch um die Mitte herum gestaltet. Dann erstreckt sich der Dichtbereich vorzugsweise über die Mitte.

Ein weiterer Vorteil der Pumpe mit einem Schlauch liegt darin, dass die Genauigkeit der Fördermenge nicht durch unterschiedliche Schlauchlängen von mehreren Schläuchen beeinträchtigt werden kann. Nicht zuletzt wird mit einer Pumpe mit nur einem Schlauch weniger Abrieb erzeugt, der sich in das

Fördermedium mischen kann.

5 In einer weiteren Ausführungsform der Peristaltikpumpe sind die Abstände der Schlauchquetschmittel in dem Rotor zu einer Drehachse des Rotors konstant. Dies ist auf alle Ausführungsformen und alle Aspekte dieser Erfindung anwendbar. Durch eine feste Anordnung der Schlauchquetschmittel in dem Rotor ergibt sich eine besonders robuste und verschleißarme Ausführungsform der Peristaltikpumpe.

10 In einer weiteren Ausführungsform der Peristaltikpumpe ist der Sattel der Peristaltikpumpe in zwei Teilabschnitte teilbar ausgeführt. Dieser Ausführungsform und ihren Weiterbildungen kommt neben der Möglichkeit, diese Ausführungsform mit anderen Ausführungsformen der Peristaltikpumpe zu kombinieren, auch unabhängige Bedeutung zu. Die Anmelderin behält sich vor,
15 diese Ausführungsform und/oder ihre Weiterbildungen unabhängig zu beanspruchen. Dieser Aspekt hat den Zweck, dass die Teilabschnitte des Sattels voneinander entfernt werden können, wodurch sich jeweils zu einem Teilabschnitt gehörende Abschnitte der Sattellinnenfläche von einem oder mehreren Schlauchquetschmitteln entfernen können. Dadurch kann ein Verschluss
20 des Schlauchs durch das Eintauchen der Schlauchquetschmittel in den Schlauch aufgehoben werden, so dass ein ungehinderter Durchgang von Fluid durch den Schlauch möglich ist. Im geöffneten Zustand des Sattels, in dem die Teilabschnitte einen zur Freigabe von Fluiddurchfluss durch den Schlauch ausreichenden Abstand aufweisen, kann die Förderwirkung der
25 Peristaltikpumpe ausgesetzt werden und/oder der Schlauch mit einem Spülfluid, etwa einem Spülgas, gespült werden. Außerdem kann das Öffnen des Sattels eine Sicherheitsfunktion für die Pumpe darstellen, sollte fehlerhaft eine unerwünschte Förderung stattfinden.

30 Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass sich im geöffneten Zustand des Sattels der Schlauch erheblich einfacher in die Peristaltikpumpe einlegen lässt. In einer Variante, die mit allen anderen in dieser Patentanmeldung beschriebenen Ausführungsformen kombiniert werden kann, sind mehrere Pumpen

übereinander angeordnet, wobei deren Antrieb über Hohlwellen realisiert sein kann. Insbesondere in diesem Fall mehrerer gestapelter Pumpen stellt das Öffnen des Sattels eine erhebliche Erleichterung und Beschleunigung des Vorgangs des Einlegens von Schläuchen in die Pumpen dar.

5

Es bieten sich verschiedene Möglichkeiten an, um die beiden Teilabschnitte des Sattels voneinander zu trennen. Eine Möglichkeit ist es, eine Linearführung vorzusehen, entlang der die beiden Teilabschnitte relativ zueinander gleiten können. Besonders bevorzugt wird in einer Ausführungsform die Verwendung einer Schwenkachse, um die die Teilabschnitte des Sattels zueinander schwenkbar sind. Die Schwenkachse liegt dabei vorzugsweise in einer Teilungsebene, die sich durch den Sattel erstreckt und die ihn in die beiden Teilabschnitte teilt. Vorzugsweise liegt die Schwenkachse an der Stelle in der Trennebene, die einen wenigstens nahezu maximalen Abstand zu dem Rotor der Peristaltikpumpe aufweist. Auf diese Weise kann beim Schwenken um die Schwenkachse ein möglichst großer Abstand der Teilabschnitte voneinander erreicht werden. Die Teilabschnitte lassen sich vorzugsweise so weit voneinander entfernen, dass die Schlauchquetschmittel vollständig aus dem Schlauch austreten, um dessen inneren Querschnitt vollständig freizugeben. Vorzugsweise wird beim Öffnen des Sattels der Rotor auf eine solche Winkelstellung gebracht, dass der Abstand zwischen den zwei am nächsten zur Schwenkachse angeordneten Schlauchquetschmitteln und der Schwenkachse gleich groß ist. So wird z.B. erreicht, dass keines der Schlauchquetschmittel unmittelbar vor der Schwenkachse zu liegen kommt, wo die Öffnungswirkung durch Schwenken am geringsten ist. Stattdessen ist so der Abstand für die beiden kritischsten Schlauchquetschmittel maximal eingestellt, so dass der Schlauch mit möglichst wenig Schwenkbewegung freigegeben werden kann. Vorzugsweise liegt die Schwenkachse dem Ein- bzw. Austrittsbereich des Schlauchs in dem Sattel gegenüber. Dies hat den Vorteil, dass der Schlauch in der Öffnungsstelle besonders einfach zwischen den Rotor und die Sattellinnenfläche eingelegt werden kann.

20
25
30

Da der Formgebung der Sattellinnenfläche eine besondere Bedeutung zu-

kommt, wird es bevorzugt, dass der Schwenk- bzw. ein denkbarer linear beweglicher Öffnungsmechanismus eine solche Genauigkeit aufweist, dass die Position der Teilabschnitte zueinander im geschlossenen Zustand des Sattels ausreichend genau reproduzierbar ist, vorzugsweise mit einer Genauigkeit kleiner als 5/100 mm oder besonders bevorzugt weniger als 2/100 mm. Vorzugsweise beträgt die Bahnabweichung durch die Trennstelle in der geschlossenen Stellung des Sattels ebenfalls weniger als 5/100 mm, besonders bevorzugt weniger als 2/100 mm. Vorzugsweise ist der Sattel mit einer Fixiereinrichtung versehen, die ihn in der geschlossenen Stellung derart hält, dass im Betrieb wenigstens eine der vorgenannten Vorgaben an Genauigkeit und Reproduzierbarkeit eingehalten wird.

In einer Ausführungsform kann der Sattel automatisiert getrennt und geschlossen werden. Dies gilt unabhängig von der Art des Bewegungsmechanismus zum Trennen. Durch eine solche Automatisierung des Öffnens und des Schließens der beiden Teilabschnitte kann eine von menschlichem Eingriff unabhängige und möglichst auch schnelle Aussetzung der Förderwirkung der Pumpe und eine Freigabe des Schlauchquerschnitts bewirkt werden. Der Schlauch kann somit automatisiert gespült werden, wenn zunächst die Teilabschnitte des Sattels geöffnet werden, dann ein Spülfluid durch den Schlauch gepumpt wird und sodann die Teilabschnitte des Sattels wieder geschlossen werden, um weitere Förderung mit der Pumpe zu ermöglichen.

In einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die Verwendung einer Peristaltikpumpe nach einem der vorbeschriebenen Aspekte zum Dosieren eines Förderfluids vorgeschlagen. Da die Peristaltikpumpen gemäß den vorgenannten Aspekten Pulsationseffekte in dem Fördermedium unterdrücken, ergibt sich eine besonders gute Dosiergenauigkeit.

Im Folgenden werden Ausführungsformen der Erfindung beispielhaft und anhand der Zeichnungen im Anhang beschrieben, in denen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Peristaltikpumpe mit einem

Schlauch und hohem Umschlingungswinkel zeigt,

- 5 Fig. 2 eine perspektivische Ansicht einer anderen Peristaltikpumpe mit einem Schlauch und geringerem Umschlingungswinkel zeigt,
- Fig. 3 ein Diagramm eines Verlaufs von Pulsationseffekten über eine ganze Umdrehung eines Rotors zeigt,
- 10 Fig. 4 ein Diagramm mit einer überlagerten Darstellung von Pulsationseffekten aus mehreren Perioden der Pulsationseffekte zeigt,
- Fig. 5 ein Diagramm mit einer aus der Pulsation berechneten Korrekturform für eine Sattelfläche in einem Korrekturabschnitt zeigt,
- 15 Fig. 6 ein Diagramm mit einem Verlauf des Abstands zwischen der Sattelfläche und einer Drehachse des Rotors über einen Austauschbereich der Peristaltikpumpe zeigt,
- 20 Fig. 7 eine schematische perspektivische Darstellung einer Ausführungsform der Peristaltikpumpe mit teilbarem Sattel zeigt,
- Fig. 8 die Peristaltikpumpe aus der Fig. 7 in der selben perspektivischen Darstellung, jedoch ohne die Sicht auf die Schlauchquetschmittel verdeckenden Teile des Rotors der Peristaltikpumpe zeigt,
- 25 Fig. 9a - 9c in perspektivischer Darstellung drei Momentaufnahmen beim Einfädeln eines Schlauches in eine Peristaltikpumpe der in Fig. 2 gezeigten Bauart mit zusätzlicher Einfädelungsausnehmung im Rotor und
- 30

Fig. 10 eine Momentaufnahme zu Beginn des Ausfädelns eines Schlauches aus einer Peristaltikpumpe, wie sie auch in Fig. 9a - 9c dargestellt ist.

5 Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Peristaltikpumpe 1 mit einem Sattel 2, in dessen Inneren ein Rotor 3 angeordnet ist. In einem Spalt zwischen einer Sattellinnenfläche 5 und einer Umfangsfläche des Rotors 3 ist ein Schlauch 4 angeordnet. Am Umfang des Rotors 3 sind vier Schlauchquetschmittel 6 angeordnet, die größtenteils von dem Rotor 3 verdeckt sind.
10 Die Schlauchquetschmittel 6 sind als Rollen ausgeführt, die jeweils um eine Achse 7 des Rotors rotierbar sind. Die Schlauchquetschmittel 6 greifen in den Schlauch 4 ein und komprimieren diesen, so dass er vor einem Schlauchquetschmittel 6 zumindest zeitweise verschlossen ist. Der Schlauch 4 ist feststehend in dem Sattel 2 angeordnet. Während der Rotation des Rotors 3 laufen die Schlauchquetschmittel 6 entlang des Schlauchs 4 und komprimieren diesen vor der Sattellinnenfläche 5. Die dargestellte Peristaltikpumpe 1 hat einen Umschlingungswinkel von nahezu 360°, wobei die aus der Peristaltikpumpe 1 austretenden Enden des Schlauchs 4 einander in oder wenig vor der Peristaltikpumpe 1 überkreuzen. Der Rotor 3 ist um eine theo-
15 retische Drehachse 8 drehbar, die durch dessen Mitte verläuft. Die Sattellinnenfläche 5 ist derart geformt, dass ihr Abstand zu der theoretischen Drehachse 8 des Rotors entlang des Verlaufs des Schlauchs 4 vor der Sattellinnenfläche 5 nicht konstant ist. Der Rotor 3 dreht sich in Richtung des Pfeils 9. Die Sattellinnenfläche 5 ist in einen Eintauchbereich 10, einen Dichtbereich 11 und einen Austauschbereich 12 unterteilt, wobei der Austauschbereich 12 dem Dichtbereich 11 und dieser dem Eintauchbereich 10 in der Drehrichtung 9 nachfolgt. In dem Eintauchbereich verengt sich der Spalt zwischen dem Rotor 3 und der Sattellinnenfläche 5 in Drehrichtung 9. Der Eintauchbereich erstreckt sich über ungefähr 30° bis 40°, jedoch nicht über
20 mehr als 90° der Sattellinnenfläche. An der Übergangsstelle 14 geht der Eintauchbereich 10 in den Dichtbereich 11 über. In dem Dichtbereich 11 hat der Spalt eine im Wesentlichen konstante Breite, die gering genug ist, um den Schlauch 4 zu verschließen. Der Dichtbereich 11 geht an der Über-
25
30

- 22 -

gangsstelle 15 in den Austauschbereich 12 über. Der Spalt zwischen dem Rotor 3 und der Sattelinnenfläche 5 verbreitert sich im Austauschbereich 12 in Drehrichtung 9. Nahe der Überkreuzung des Schlauchs 4 endet die Sattelinnenfläche 5. Spätestens ab Erreichen dieses Endes der Sattelinnenfläche 5 durch ein Schlauchquetschmittel 6 wird der Schlauch 4 von dem Schlauchquetschmittel 6 nicht mehr komprimiert. Beim Weiterlaufen läuft das Schlauchquetschmittel 6 wieder in den Eintauchbereich 10, wo es das andere Ende des Schlauchs 4 stark komprimiert, bis es im Dichtbereich 11 den Schlauch 4 verschließt und darin befindliches Förderfluid fördert. Im Übergang eines Schlauchquetschmittels 6 von dem Eintauchbereich 10 in den Dichtbereich 11 verschließt zugleich ein zweites Schlauchquetschmittel 6 den Schlauch 4 innerhalb des Dichtbereichs 11, um sicherzustellen, dass im Übergang keine Unterbrechung der Förderung stattfindet. Nach Erreichen einer Übergangsstelle zum Austauschbereich 12 beginnt das zweite Schlauchquetschmittel 6 dann mit dem Austauschen aus dem Schlauch 4. An dem Rotor 3 sind vier Schlauchquetschmittel 6 vorgesehen. Der Winkel des Austauschbereichs 12 der Sattelinnenfläche 5 beträgt in diesem Fall etwa 180° , während der Dichtbereich mindestens 90° und der Eintauchbereich 10 etwa 30° der Sattelinnenfläche 5 belegt. In dem Austauschbereich 12 befinden sich zwei Schlauchquetschmittel 6. In dem Dichtbereich 11 befindet sich mindestens ein Schlauchquetschmittel 6.

Fig. 2 zeigt eine perspektivische Ansicht einer anderen Peristaltikpumpe 1, die im Wesentlichen der in Fig. 1 gezeigten Peristaltikpumpe 1 entspricht. Gleiche Merkmale sind mit gleichen Bezugsziffern bezeichnet. Im Unterschied zu der in Fig. 1 gezeigten Peristaltikpumpe überkreuzen sich die Enden des Schlauchs 4 der in Fig. 2 gezeigten Peristaltikpumpe 1 nicht innerhalb oder kurz vor der Pumpe. Dadurch ergibt sich ein geringerer Umschlingungswinkel. Die Übergangsstelle 15 zwischen dem Dichtbereich 11 und dem Austauschbereich 12 ist jedoch so angeordnet, dass der Austauschbereich 12 weiterhin etwa 180° der Sattelinnenfläche 5 umfasst. Der Eintauchbereich 10 und optional der Dichtbereich 11 erstrecken sich dagegen jeweils über einen kleineren Winkelbereich der Sattelinnenfläche, wobei der Dicht-

bereich 11 nicht weniger als 90° überspannt. Entlang eines Umfangsabschnitts des Rotors 3 erstreckt sich ein Schlauchführungsabschnitt 13, mit dessen Hilfe die Enden des Schlauchs 4 definiert aus dem Sattel 2 führbar sind.

5

Fig. 3 zeigt ein Diagramm eines Pulsationseffekts eines Volumenstroms aus einer Peristaltikpumpe nach dem Stand der Technik mit linear über den Drehwinkel des Rotors zunehmendem Austausch der Schlauchquetschmittel aus dem Schlauch. Auf der Ordinate ist die Größe des Volumenstroms abgetragen, während auf der Abszisse der Winkel des Rotors 3 abgetragen ist. Der Verlauf 20 ist über eine Drehung des Rotors 3 von 0 bis 360° dargestellt. Entsprechend der vier Schlauchquetschmittel 6 der Peristaltikpumpe 1 ergeben sich vier näherungsweise sinusförmige Pulsationen in dem Verlauf 20. Der dargestellte Bereich wiederholt sich für weitere Umdrehungen des Rotors 3.

15

In der Fig. 4 sind die einzelnen Pulsationen des Verlaufs 20 aus Fig. 3 überlagert in einem Diagramm dargestellt. Auf der Abszisse ist wiederum die Größe des Volumenstroms abgetragen, während auf der Ordinate ein Winkelbereich von 0 bis 90° in einer Drehung des Rotors 3 einer Peristaltikpumpe mit linear über den Drehwinkel des Rotors zunehmendem Austausch der Schlauchquetschmittel aus dem Schlauch abgetragen ist, bei der der Radius des Sattels im Austauschbereich 12 linear zunimmt. Der Rotor 3 dieser Pumpe weist vier Schlauchquetschmittel auf. Der dargestellte Verlauf 21 ist aus einer Punktwolke gebildet, die sich durch entsprechende Verschiebung und Überlagerung der Pulsationen in einen Winkelbereich von 90° ergibt. Dieser Datensatz bildet eine Ausgangsbasis zur Ermittlung einer Modulation für die Oberflächenform der Sattellinnenfläche 5 zur Kompensation der Pulsationen in den Verläufen 20 bzw. 21. Bei einer Peristaltikpumpe mit drei Schlauchquetschmitteln wäre der dargestellte Winkelbereich kleiner, da für den Dichtbereich ein größerer Anteil der Sattellinnenfläche benötigt wird, nämlich wenigstens 120° . Der bei einer solchen Pumpe entstehende Verlauf des Volumenstroms wäre über den kleineren Winkelbereich des Austauschbereichs 12

20

25

30

- 24 -

einer gestauchten Version des dargestellten Verlaufs über 90° ähnlich.

In Fig. 5 ist der Verlauf 22 einer Modulation für den Austauschbereich 12 der Sattelfinnenfläche 5 im Vergleich zu einem Verlauf 23 der Sattelfinnenfläche ohne Modulation dargestellt. Auf der Ordinate ist der Abstand zwischen der Sattelfinnenfläche und der Drehachse 8 des Rotors 3 über einem Drehwinkel des Rotors 3 von 0 bis 90° in dem Austauschbereich 12 für eine Variante mit vier Schlauchquetschmitteln 6 dargestellt. Der Austauschbereich 12 ist dabei in zwei Hälften mit einem Winkel von jeweils 90° unterteilt. Für eine Variante mit drei Schlauchquetschmitteln 6 würde der Austauschbereich 12 kleiner ausfallen, da der Dichtbereich 11 allein wenigstens 120° beansprucht. Im Weiteren wird ein Rotor mit vier Schlauchquetschmitteln betrachtet. Der modulierte Verlauf 22 führt zunächst durch den erhöhten Abstand von dem Drehzentrum des Rotors in einer ersten Halbwelle 27 zu verstärkter Zunahme des Schlauchinnenvolumens und entsprechender Aufnahme von Fördermedium. Bei etwa 40° Drehwinkel des Rotors geht die positive Halbwelle 27 in eine negative Halbwelle 28 über, die im Vergleich zu einem kontinuierlichen Austauschen des Schlauchquetschmittels 6 aus dem Schlauch 4 zu weniger Volumenzunahme führt. Beim Übergang der positiven Halbwelle 27 in die negative Halbwelle 28 wird der zunächst weiter geöffnete Schlauch sogar wieder stärker zusammengepresst. In dem in der Drehrichtung 9 des Rotors 3 zuerst durchlaufenen Hälfte 25 (Vorgabeabschnitt) des Austauschbereichs 12 findet eine kontinuierliche Zunahme des Abstands zwischen der Sattelfinnenfläche 5 und der Drehachse 8 des Rotors 3 statt. In dem Diagramm der Fig. 5 ist die zweite Hälfte des Austauschbereichs 12 dargestellt, der einen Kompensationsabschnitt 26 bildet und durch eine Modulation 22 Pulsationseffekte aus dem Vorgabeabschnitt 25 des Austauschbereichs 12 kompensiert. Um von gemessenen Werten aus der Fig. 4 zu der Modulation 22 in Fig. 5 zu kommen, wird zunächst ein Mittelwert aus den in Fig. 4 überreinandergelegten Pulsationen gebildet. Die so erhaltenen Werte werden dann unter Berücksichtigung einer Funktion, die den Abstand zwischen der Sattelfinnenfläche 5 und der Drehachse 8 des Rotors 3 ins Verhältnis zu einer Volumenstromänderung setzt, zu der Modulation 22 umgerechnet. Ein denkbarer

Weg dazu ist außerdem, eine Sinusfunktion 27, 28 anzusetzen und deren Frequenz, Phasenlage, Amplitude und Offset entsprechend anzupassen. Alternativ kann eine freie Kurvenform, die eine möglichst optimale Kompensation ermöglicht, gewählt werden.

5

Fig. 6 zeigt ein Diagramm mit einer Ordinate, auf der der Abstand der Sattellinnenfläche 5 von der Drehachse 8 des Rotors 3 über einen Winkelbereich von 0 bis 180° dargestellt ist. Im Bereich von 0 bis 90°, der einem Vorgabeabschnitt 25 bzw. einer ersten Hälfte des Austauschbereichs 12 entspricht, nimmt der Abstand zwischen der Sattellinnenfläche 5 und der Drehachse 8 des Rotors 3 linear zu. Ab einem Winkel von 90° bis zu einem Winkel von 180°, was einem Kompensationsabschnitt 26 entspricht, ist der linearen Zunahme des Abstands zwischen der Sattellinnenfläche 5 und der Drehachse 8 des Rotors 3 eine Modulation 22 überlagert, die die Pulsationseffekte aus dem Vorgabebereich 25 zumindest teilweise kompensiert. Die Modulation 22 entspricht der in Fig. 5 dargestellten Modulation 22 und wird auf die gleiche Weise gewonnen.

Die bezüglich der Figuren 3 bis 6 beschriebene Kompensation von Pulsationseffekten durch zwei Schlauchquetschmittel 6, die in einem Vorgabeabschnitt 25 und einem Kompensationsabschnitt 26 laufen, kann analog auf die Kompensation der Pulsationseffekte mit einem einzigen Schlauchquetschmittel 6 in dem Austauschbereich 12 angewendet werden. Dann wird der gesamte Austauschbereich 12 mittels einer Modulation 22 für ein einzelnes Schlauchquetschmittel 6 korrigiert, wobei kein Vorgabeabschnitt 25 bzw. Kompensationsabschnitt im Sinne von Fig. 6 vorgesehen ist.

Fig. 7 zeigt eine Ausführungsform einer Peristaltikpumpe, der eigenständige Bedeutung zukommt und deren unabhängige Beanspruchung vorbehalten wird. In dieser Ausführungsform lässt sich der Sattel 2 in zwei Teilabschnitte 2a und 2b unterteilen, wobei die Abschnitte 2a und 2b um eine Schwenkachse 30 schwenkbar angeordnet sind. Ein Aufschwenken der Abschnitte 2a und 2b aus einer Förderposition hat zur Folge, dass sich die Sattellinnenflä-

30

che in zwei Abschnitte 5a und 5b trennt, die im aufgeschwenkten Zustand einen größeren Abschnitt zueinander aufweisen, als im geschlossenen Zustand. Außerdem entfernen sich die Teilabschnitte der Sattellinnenfläche 5a und 5b jeweils von den Quetschmitteln 6, so dass der Schlauch 4 zwischen den Schlauchquetschmitteln 6 und den Sattellinnenflächenabschnitten 5a und 5b nicht mehr derart eingeklemmt ist, dass der Schlauch vollständig verschlossen ist. Auf diese Weise ist es möglich, durch das Öffnen der Abschnitte 5a und 5b die Förderfunktion der Peristaltikpumpe auszusetzen. Außerdem ist es durch die Freigabe des Durchflusses durch den Schlauch 4 möglich, den Schlauch zu spülen, beispielsweise mit einem Spülgas. Besonders bevorzugt werden die Teilabschnitte 5a und 5b in einer Öffnungsstellung so weit voneinander entfernt, dass sich die Schlauchquetschmittel 6 nicht mehr in den Schlauch eindrücken und somit der volle Schlauchquerschnitt freigegeben wird. Der Schlauch kann dann besonders gut gespült werden, insbesondere mit einem durchgeleiteten Spülgas. Eine Drehung des Rotors ist somit zum Spülen nicht erforderlich. Vorzugsweise ist die Reproduzierbarkeit einer Schließstellung der Teilabschnitte 2a und 2b und/oder eine Formgenauigkeit trotz der Trennstelle besser als 5/100 mm, bevorzugt weniger als 2/100 mm. Die Stellen an den Teilabschnitten 2a und 2b, die sich beim Schwenken der Teilabschnitte 5a und 5b am weitesten voneinander entfernen, liegen vorzugsweise an der Austrittsstelle des Schlauchs 4 aus dem Sattel 2. Somit liegt die Schwenkachse 30 der Austrittsstelle 31 vorzugsweise gegenüber. Vorzugsweise sind ein Einlaufbereich, ein Dichtbereich und ein Auslaufbereich der Sattellinnenfläche wie in einer der vorangehend in dieser Patentanmeldung beschriebenen Ausführungsformen gestaltet. Vorzugsweise ist die Peristaltikpumpe dazu eingerichtet, dass der Rotor 3 beim Öffnen des Sattels in eine Stellung gebracht wird, in der die Schlauchquetschmittel 6 von der Schwenkachse 30 einen wenigstens näherungsweise maximalen Abstand aufweisen. Auf diese Weise kann erreicht werden, dass die geringe Öffnungswirkung der Teilabschnitte 5a und 5b in der Nähe der Schwenkachse 30 nicht dazu führt, dass eines der Schlauchquetschmittel nicht, wenig oder nicht vollständig aus dem Schlauch 4 austaucht. Dazu weisen die Schlauchquetschmittel 6 in dieser Stellung vorzugs-

weise einen Winkel zu der Schwenkachse 30 auf, der dem halben Winkel zwischen zwei Schlauchquetschmitteln 6 auf dem Rotor 3 entspricht.

In der Fig. 8 ist die Peristaltikpumpe aus Fig. 7 gezeigt, mit dem Unterschied, dass der Rotor 3 nicht dargestellt ist. So ist der Blick auf vier Schlauchquetschmitteln 6 frei, die jeweils als eine Rolle gestaltet sind. Die Schlauchquetschmitteln 6 sind jeweils um eine in dem Rotor 3 feststehende Drehachse 7 gelagert. Obwohl die Peristaltikpumpe in geöffnetem Zustand gezeigt ist, ist schematisch dargestellt, wie die Schlauchquetschmitteln 6 in den Schlauch 4 eintauchen. In der Realität würde die Eigensteifigkeit des Schlauchs 4 dazu führen, dass sich der Schlauch aus dem Eingriff der Schlauchquetschmitteln 6 befreit.

Bei der in den Fig. 9a - 9c und Fig. 10 gezeigten Peristaltikpumpe 1 handelt es sich um eine Bauart, wie sie auch in Fig. 2 dargestellt ist. Zusätzlich hat die Pumpe nach den Fig. 9a - 9c und 10 eine Einfädungsausnehmung 40 in dem oberen Deckelteil 42 des Rotors 3. Die Einfädungsausnehmung 40 ist vorzugsweise so groß, dass sie den Schlauchquerschnitt des Schlauchs 4 aufnehmen kann. Zum Einfädeln des Schlauchs 4 in die Peristaltikpumpe 1 wird die Einfädungsausnehmung 40 durch Drehen des Rotors 3 in Flucht mit dem Schlauchführungskanal 43 gebracht. Danach wird ein vorlaufender Endabschnitt 44 in den Schlauchführungskanal 43 gelegt und im Bereich der Einfädungsausnehmung 40 in der in Fig. 9a gezeigten Weise nach oben abgewinkelt und dabei bereichsweise in die Einfädungsausnehmung 40 eingelegt. Sodann wird der Rotor 3 in Richtung des Pfeiles 9 gedreht und dabei der Schlauch 4 aufgrund des Eingriffs in der Einfädungsausnehmung 40 mitgenommen und nachgeführt. Hierzu kann der vorlaufende Endabschnitt 44 ggf. von einer Bedienungsperson gehalten werden, bis der Rotor 3 weit genug gedreht worden ist, so dass der Schlauch 4 den Schlauchausführungskanal 46 erreicht hat. Fig. 9b zeigt eine Momentaufnahme auf dem Weg dorthin. In Fig. 9c ist der Schlauch 4 bereits vollständig eingefädelt, so dass er sich in seiner Betriebsposition zwischen der Sattelfläche 15 und der Umfangsfläche des Rotors 3 im Bereich unterhalb des

Deckelteils 42 des Rotors 3 befindet. Das Deckelteil 42 steht radial nach außen über die genannte Umfangsfläche des Rotors 3 ab, so dass der Schlauch 4 nicht in axialer Richtung des Rotors 3 aus der Pumpe 1 fallen kann.

5

In der in Fig. 9c gezeigten Sollposition des Schlauchs 4 ist die Einfädelausnehmung 40 wieder frei und der Schlauch liegt mit seinem vorlaufenden Abschnitt 44 bereichsweise in dem Schlauchausführungskanal 46.

10 Der Aspekt des Vorsehens einer radial äußeren Einfädelausnehmung des Rotors kann auch bei anderen Peristaltikpumpen als den hier betrachteten interessant sein und ein vereinfachtes Einfädeln des Schlauches ermöglichen. Insoweit kann dieser Aspekt unabhängig von der hier näher betrachteten Ausgestaltung des Sattels der Peristaltikpumpe selbständige erfinderische
15 Bedeutung bei Peristaltikpumpen im Allgemeinen haben.

Fig. 10 zeigt eine Momentaufnahme beim Ausfädeln des Schlauchs 4. Dabei wird der nachlaufende Endabschnitt 47 des Schlauchs hochgebogen, so dass er in der Einfädelausnehmung 40 aufgenommen wird. Sodann
20 kann der Rotor 3 in Richtung des Pfeiles 9 gedreht werden und dabei der Schlauch 4 aus dem Ausführungskanal 46 herausgeschoben werden, bis schließlich das nachlaufende Ende 47 von der Einfädelausnehmung 40 freikommt und der Schlauch insgesamt von der Peristaltikpumpe 1 entfernt werden kann.

Ansprüche

1. Peristaltikpumpe (1) zur Förderung eines fluiden Fördermediums durch
5 einen Schlauch (4),
umfassend einen Sattel (2) mit einer bogenartig geformten Sattelinnen-
fläche (5) und einem in dem Sattel (2) um eine Drehachse (8) drehbar
angeordneten Rotor (3) mit mehreren winkelmäßig um die Drehachse
10 (8) verteilten, der Sattelinnenfläche (5) zumindest zeitweise gegenüber-
liegend angeordneten Schlauchquetschmitteln (6) zur äußeren Beauf-
schlagung eines zwischen der Sattelinnenfläche (5) und dem Rotor an-
zuordnenden Schlauches (4), derart, dass bei Drehung des Rotors (3)
eine jeweilige durch äußere Beaufschlagung des Schlauches (4) durch
15 ein Schlauchquetschmittel (6) verursachte lokale Verengung des
Durchlassquerschnittes des Schlauches (4) mit dem betreffenden
Schlauchquetschmittel (6) entlang der Sattelinnenfläche (5) bewegbar
ist, um das Fördermedium in dem Schlauch (4) zu fördern, wobei der
Sattel (2) entlang der Sattelinnenfläche (5) einen Eintauchbereich (10),
einen Dichtbereich (11) und einen Austauschbereich (12) für die
20 Schlauchquetschmittel (6) aufweist und wobei der radiale Abstand zwi-
schen der Drehachse (8) des Rotors (3) und der Sattelinnenfläche (5)
im Eintauchbereich (10) abnimmt und im Austauschbereich (12) zu-
nimmt, so dass die Schlauchquetschmittel (6) bei ihrer Bewegung durch
den Eintauchbereich (10) den Schlauch (4) unter Verengung seines
25 Durchlassquerschnittes zunehmend beaufschlagen und bei ihrer Bewe-
gung durch den Austauschbereich (12) den Schlauch (4) zur Beseiti-
gung oder zumindest Verminderung der jeweiligen Verengung entlasten
können,
dadurch gekennzeichnet, dass die Schlauchquetschmittel (6) derart
30 winkelmäßig beabstandet an dem Rotor (3) vorgesehen sind und sich
der Austauschbereich (12) über einen derartigen Winkelbereich um die
Drehachse (8) des Rotors (3) erstreckt, dass jeweils wenigstens zwei
aufeinander folgende Schlauchquetschmittel (6) bei der Drehung des

Rotors (3) in dem Austauschbereich (12) sein können, wobei die Sattelinnenfläche (5) in dem Austauschbereich (12) so verläuft, dass der radiale Abstand zwischen der Sattelinnenfläche (5) und der Drehachse (8) des Rotors (3) entlang der Bewegungsbahn der Schlauchquetschmittel (6) derart variiert, dass eine Modulation (22) der Beaufschlagung des Schlauches (4) durch die Schlauchquetschmittel (6) beim Durchlaufen des Austauschbereiches (12) in der Weise erfolgt, dass Pulsationseffekte, die im Fördermedium aufgrund der Änderung der Beaufschlagung des Schlauches (4) durch eines der beiden den Austauschbereich (12) jeweils gemeinsam durchlaufenden Schlauchquetschmittel (6) entstehen, durch eine Änderung der Beaufschlagung des Schlauches (4) durch das andere der beiden den Austauschbereich (12) jeweils gemeinsam durchlaufenden Schlauchquetschmittel (6) beim Durchlaufen des Austauschbereiches (12) zumindest teilweise kompensiert werden.

2. Peristaltikpumpe (1), nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sattel entlang der Sattelinnenfläche (5) einen Vorgabeabschnitt (25) des Austauschbereichs (12) aufweist, der von einem der beiden aufeinander folgenden Schlauchquetschmittel (6) durchlaufen wird, wobei der radiale Abstand zwischen der Sattelinnenfläche (5) und der Drehachse (8) des Rotors (3) entlang des Vorgabeabschnitts (25) kontinuierlich zunimmt, und einen Kompensationsabschnitt (26) aufweist, der gleichzeitig zu dem Durchlaufen des Vorgabeabschnitts (25) mit dem einen Schlauchquetschmittel (6) von dem anderen der aufeinander folgenden Schlauchquetschmittel (6) durchlaufen wird und der eine Modulation (22) des radialen Abstands zwischen der Sattelinnenfläche (5) und der Drehachse (8) des Rotors (3) entlang des Kompensationsabschnitts (26) aufweist, wobei mittels der Modulation (22) Pulsationseffekte, die im Fördermedium aufgrund der Änderung der Beaufschlagung des Schlauches (4) durch das Schlauchquetschmittel (6) in dem Vorgabeabschnitt (25) entstehen, kompensiert werden.

3. Peristaltikpumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein von dem Dichtbereich (11) umfasster Förderabschnitt mit konstantem radialen Abstand zwischen der Drehachse (8) des Rotors (3) und der Sattellinnenfläche (5), der Vorgabeabschnitt (25) und der Kompensationsabschnitt (26) so dimensioniert sind, dass sie gleichzeitig und ununterbrochen von jeweiligen Schlauchquetschmitteln (6) bei Rotation des Rotors (3) durchlaufen werden, wobei jeweils ein Schlauchquetschmittel (6) in jedem der genannten Abschnitte (11, 25, 26) den Schlauch (4) beaufschlagen kann.
4. Peristaltikpumpe nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Förderabschnitt (11), der Vorgabeabschnitt (25) und der Kompensationsabschnitt (26) sich über gleich große Winkelabstände um die Drehachse (8) des Rotors (3) erstrecken.
5. Peristaltikpumpe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorgabeabschnitt (25) so in dem Austauschbereich (12) angeordnet ist, dass er in einer Drehrichtung (9) des Rotors (3) von den Schlauchquetschmitteln (6) vor dem Kompensationsabschnitt (26) durchlaufen wird.
6. Peristaltikpumpe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verlauf des radialen Abstands zwischen der Sattellinnenfläche (5) und der Drehachse (8) des Rotors (3) ohne Modulation (22) entlang von zumindest Teilen des Austauschbereichs (12) einer linearen Funktion, einem Polynom oder einer Exponentialfunktion folgt.
7. Peristaltikpumpe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulation (22) des radialen Abstands zwischen der Sattellinnenfläche (5) und der Drehachse (8) des Rotors (3) entlang des Kompensationsabschnitts (26) wenigstens näherungsweise sinusförmig verläuft.

8. Peristaltikpumpe (1) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abstandsabnahmehalbwelle (28) der wenigstens näherungsweise sinusförmigen Modulation (22), aufgrund der sich der radiale Abstand zwischen der Sattelinnenfläche (5) und der Drehachse (8) des Rotors (3) während des Durchlaufs eines Schlauchquetschmittels (6) durch den Kompensationsabschnitt (26) verkleinert, in Bezug auf das Durchlaufen mit einem Schlauchquetschmittel (6) nach einer Abstandszunehmehalbwelle (27), aufgrund der sich der radiale Abstand zwischen der Sattelinnenfläche (5) und der Drehachse (8) des Rotors (3) während des Durchlaufs eines Schlauchquetschmittels (6) durch den Kompensationsabschnitt (26) vergrößert, angeordnet ist.
9. Peristaltikpumpe (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulation (22) des radialen Abstands zwischen der Sattelinnenfläche (5) und der Drehachse (8) des Rotors (3) entlang des Kompensationsabschnitts (26) durch eine Messung an einer gleichartigen Peristaltikpumpe (1) ohne Modulation (22) des Kompensationsabschnitts (26) derart festgelegt ist, dass an der Peristaltikpumpe (1) ohne Modulation (22) des Kompensationsabschnitts (26) gemessene Pulsationseffekte im Fördermedium durch entgegenwirkende Modulation (22) im Kompensationsabschnitt (26) kompensiert werden.
10. Peristaltikpumpe (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulation (22) spezifisch auf einen bestimmten Schlauchtyp (4) abgestimmt ist.
11. Peristaltikpumpe (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Peristaltikpumpe (1) dazu eingerichtet ist, bei einer Dosierung einer Menge des Förderfluids bekannte Pulsationseffekte in dem Förderfluid dadurch zu kompensieren, dass eine Förderendstellung des Rotors (3) beim Abschluss der Dosierung mittels einer

Steuereinrichtung gegenüber einer unkompensierten Förderendstellung vor- oder zurückverlegt wird.

- 5 12. Peristaltikpumpe (1) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuereinrichtung ein Ausmaß und eine Richtung der Verlegung der Förderendstellung des Rotors (1) zur Kompensation wenigstens näherungsweise mittels einer Sinusfunktion, die von der unkompensierten Förderendstellung abhängt, bestimmt.
- 10 13. Peristaltikpumpe (1) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Sinusfunktion in ihrer Phasenlage, Amplitude und Frequenz sowie in ihrem Offset einstellbar ist.
- 15 14. Peristaltikpumpe (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Schlauchquetschmittel (6) winkelmäßig gleichmäßig um die Drehachse (8) des Rotors (3) verteilt sind, und eine Steuereinrichtung die Peristaltikpumpe (1) derart steuert, dass der Rotor (3) für eine Dosierung eine Förderendstellung mit einem Winkelabstand zu einer vorangehenden Förderendstellung einnimmt, wobei der Winkelabstand dem Winkel zwischen zwei benachbarten Schlauchquetschmitteln (6) auf dem Rotor oder einem Vielfachen davon entspricht.
- 20 15. Peristaltikpumpe (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstände der Schlauchquetschmittel (6) in dem Rotor (3) zu einer Drehachse (8) des Rotors (3) konstant sind.
- 25 16. Peristaltikpumpe (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sattel (2) in Teilabschnitte (2a, 2b) teilbar ausgeführt ist, wobei die Teilabschnitte (2a, 2b) voneinander entfernt sind, derart, dass dadurch jeweils zu einem Teilabschnitt gehörende Abschnitte (5a, 5b) der Sattelfinnenfläche (5) von einem
- 30

Schlauchquetschmittel (6) entfernbar sind, so dass das Schlauchquetschmittel den Schlauch nicht verschließt.

- 5 17. Peristaltikpumpe (1) nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilabschnitte (2a, 2b) zueinander um eine Schwenkachse (30) schwenkbar sind, so dass die Teilabschnitte (2a, 2b) durch Schwenken voneinander entfernbar sind.
- 10 18. Peristaltikpumpe (1) zur Förderung eines fluiden Fördermediums durch einen Schlauch (4),
umfassend einen Sattel (2) mit einer bogenartig geformten Sattellinnenfläche (5) und einem in dem Sattel (2) um eine Drehachse (8) drehbar angeordneten Rotor (3) mit mehreren winkelmäßig um die Drehachse (8) verteilten, der Sattellinnenfläche (5) zumindest zeitweise gegenüberliegend angeordneten Schlauchquetschmitteln (6) zur äußeren Beaufschlagung eines zwischen der Sattellinnenfläche (5) und dem Rotor anzuordnenden Schlauches (4), derart, dass bei Drehung des Rotors (3) eine jeweilige durch äußere Beaufschlagung des Schlauches (4) durch ein Schlauchquetschmittel (6) verursachte lokale Verengung des
15 Durchlassquerschnittes des Schlauches (4) mit dem betreffenden Schlauchquetschmittel (6) entlang der Sattellinnenfläche (5) bewegbar ist, um das Fördermedium in dem Schlauch (4) zu fördern, wobei der Sattel (2) entlang der Sattellinnenfläche (5) einen Eintauchbereich (10), einen Dichtbereich (11) und einen Austauschbereich (12) für die
20 Schlauchquetschmittel (6) aufweist und wobei der radiale Abstand zwischen der Drehachse (8) des Rotors (3) und der Sattellinnenfläche (5) im Eintauchbereich (10) abnimmt und im Austauschbereich (12) zunimmt, so dass die Schlauchquetschmittel (6) bei ihrer Bewegung durch den Eintauchbereich (10) den Schlauch (4) unter Verengung seines
25 Durchlassquerschnittes zunehmend beaufschlagen und bei ihrer Bewegung durch den Austauschbereich (12) den Schlauch (4) zur Beseitigung oder zumindest Verminderung der jeweiligen Verengung entlasten können,
- 30

die Schlauchquetschmittel (6) derart winkelmäßig beabstandet an dem Rotor (3) vorgesehen sind und sich der Austauschbereich (12) über einen derartigen Winkelbereich um die Drehachse (8) des Rotors (3) erstreckt, dass jeweils ein Schlauchquetschmittel (6) bei der Drehung des Rotors (3) in dem Austauschbereich (12) sein kann, wobei die Sattelinnenfläche (5) in dem Austauschbereich (12) so verläuft, dass der radiale Abstand zwischen der Sattelinnenfläche (5) und der Drehachse (8) des Rotors (3) entlang der Bewegungsbahn der Schlauchquetschmittel (6) derart variiert, dass eine Modulation (22) der Beaufschlagung des Schlauches (4) durch das Schlauchquetschmittel (6) beim Durchlaufen des Austauschbereichs (12) in der Weise erfolgt, dass das Innenvolumen des Schlauches (4) an der Stelle der Beaufschlagung durch das Schlauchquetschmittel (6) zumindest näherungsweise gleichmäßig zunimmt, wobei die Schlauchquetschmittel (6) um die Drehachse (8) des Rotors (3) mit gleichen Winkelabständen zueinander verteilt sind und die Länge des Austauschbereichs (12) dem Winkelabstand zwischen zwei Schlauchquetschmitteln (6) in dem Rotor (3) entspricht.

19. Peristaltikpumpe (1), nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verlauf (23, 24) des radialen Abstands zwischen der Sattelinnenfläche (5) und der Drehachse (8) des Rotors (3) ohne Modulation (22) entlang von zumindest Teilen des Austauschbereichs (12) einer linearen Funktion folgt.

20. Peristaltikpumpe (1) nach einem der Ansprüche 18 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der radiale Abstand zwischen der Sattelinnenfläche (5) und der Drehachse (8) des Rotors (3) entlang der Bewegungsbahn der Schlauchquetschmittel (6) über eine gleichmäßige Zunahme des radialen Abstands hinaus einer Modulation (22) entlang des Austauschbereichs (12) in der Weise folgt, dass die Modulation eine ungleichmäßige Zunahme des Innenvolumens des Schlauches (4) mit dem radialen Abstand zwischen der Sattelinnenfläche (5) und der Drehachse (8)

- 36 -

des Rotors (3) durch entsprechende stärkere oder schwächere Beaufschlagung durch das Schlauchquetschmittel (6) kompensiert.

- 5 21. Peristaltikpumpe (1) nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulation des radialen Abstands zwischen der Sattelinnenfläche (5) und der Drehachse (8) des Rotors (3) durch eine Messung an einer gleichartigen Peristaltikpumpe (1) ohne Modulation der Sattelinnenfläche (5) derart festgelegt ist, dass an der Peristaltikpumpe (1) ohne Modulation gemessene Pulsationseffekte im Fördermedium durch entgegenwirkende Modulation kompensiert werden.
- 10
22. Verwendung einer Peristaltikpumpe (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche zum Dosieren eines Förderfluids.

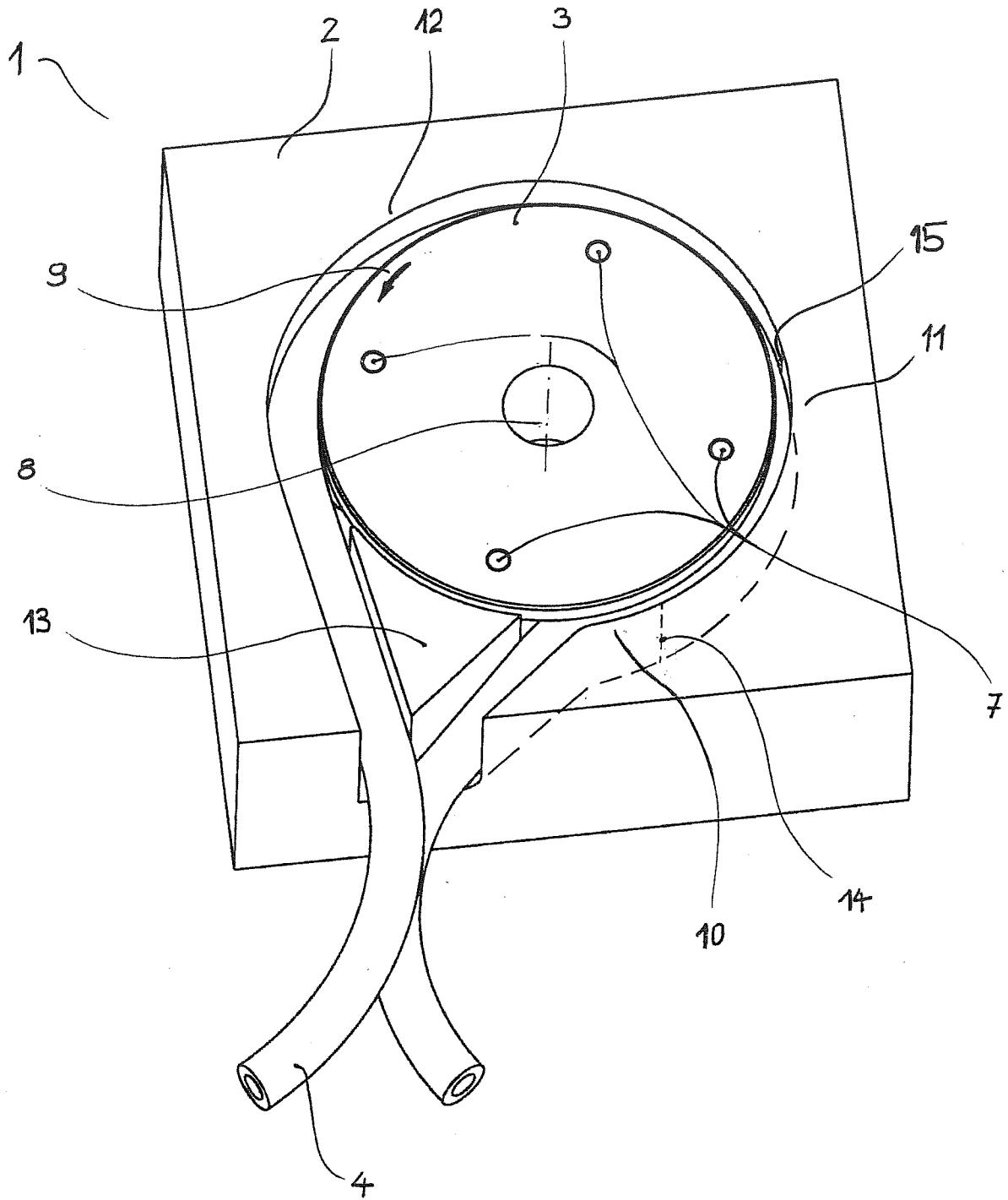


Fig.2

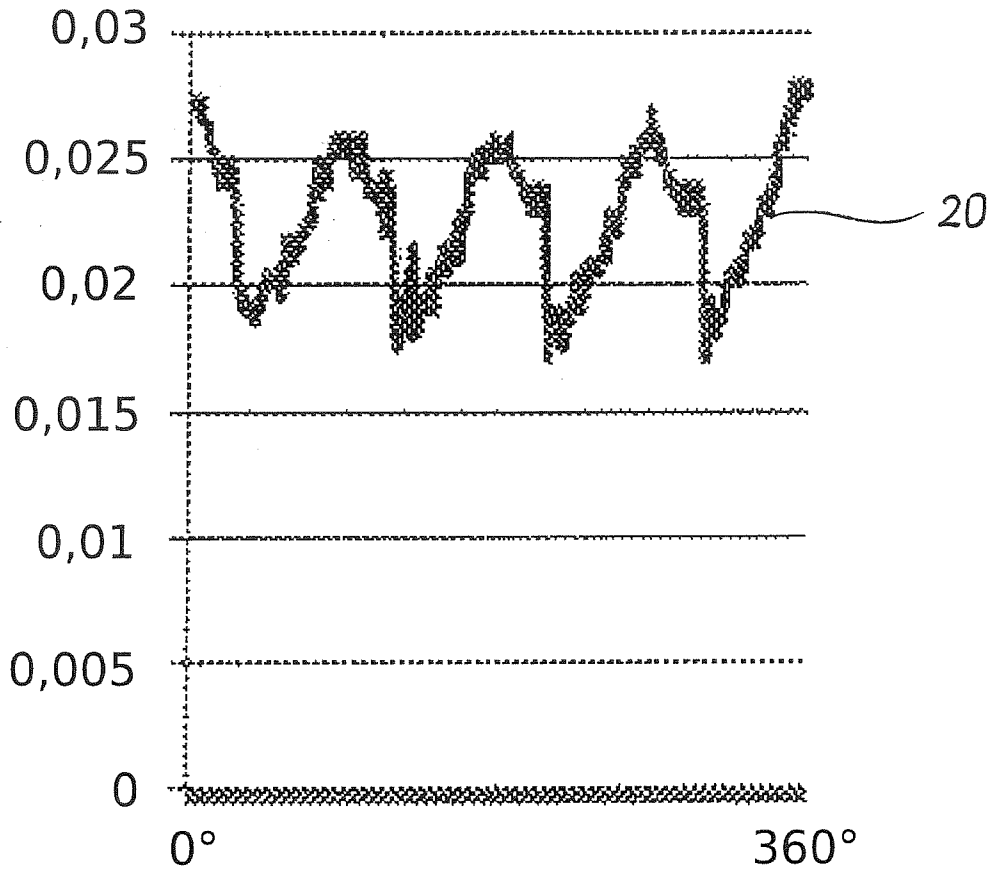


Fig. 3 Stand der Technik



Fig. 4

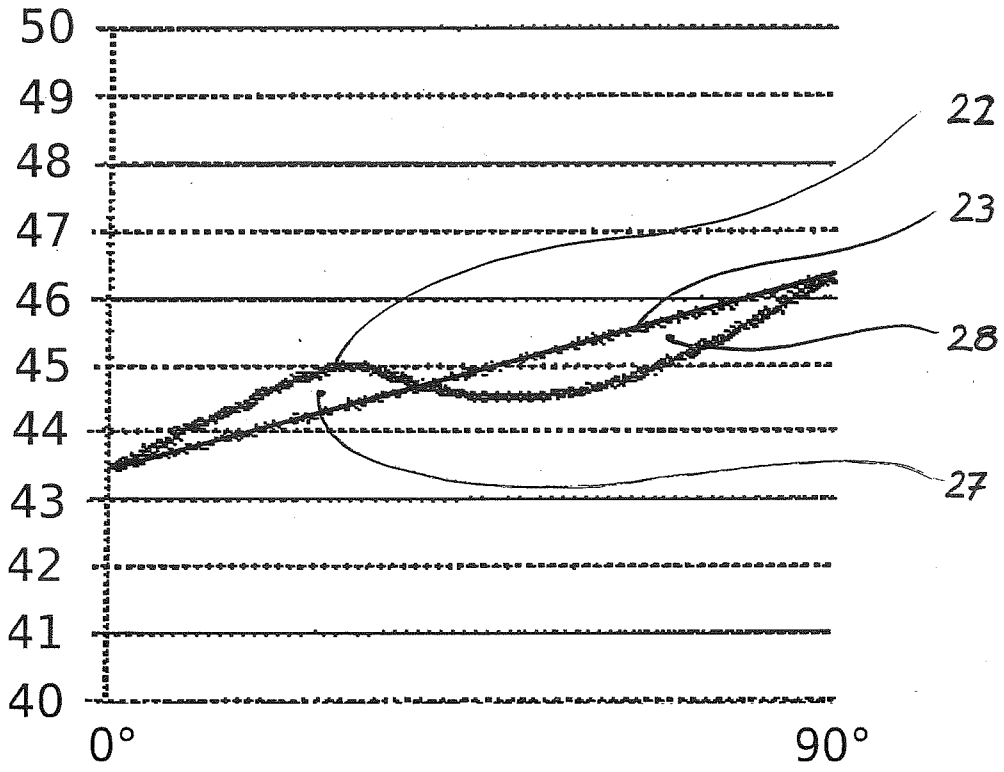


Fig. 5

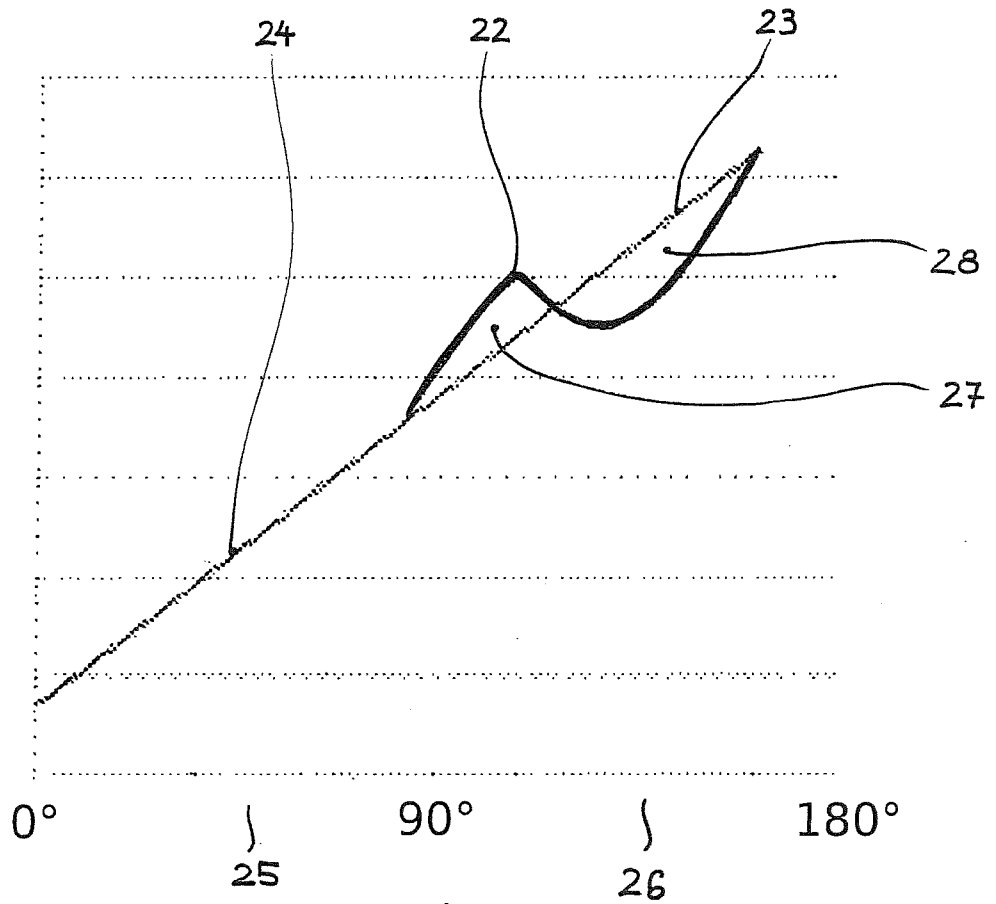


Fig. 6

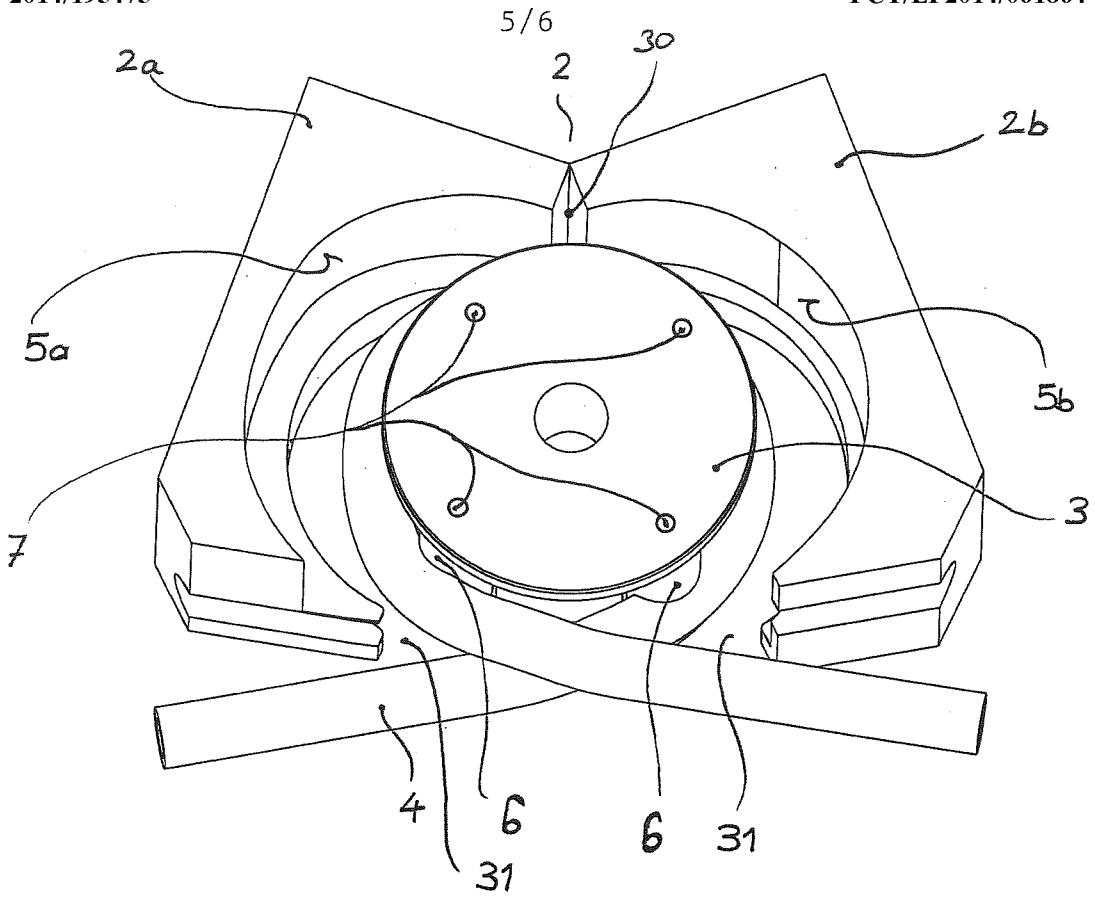


Fig. 7

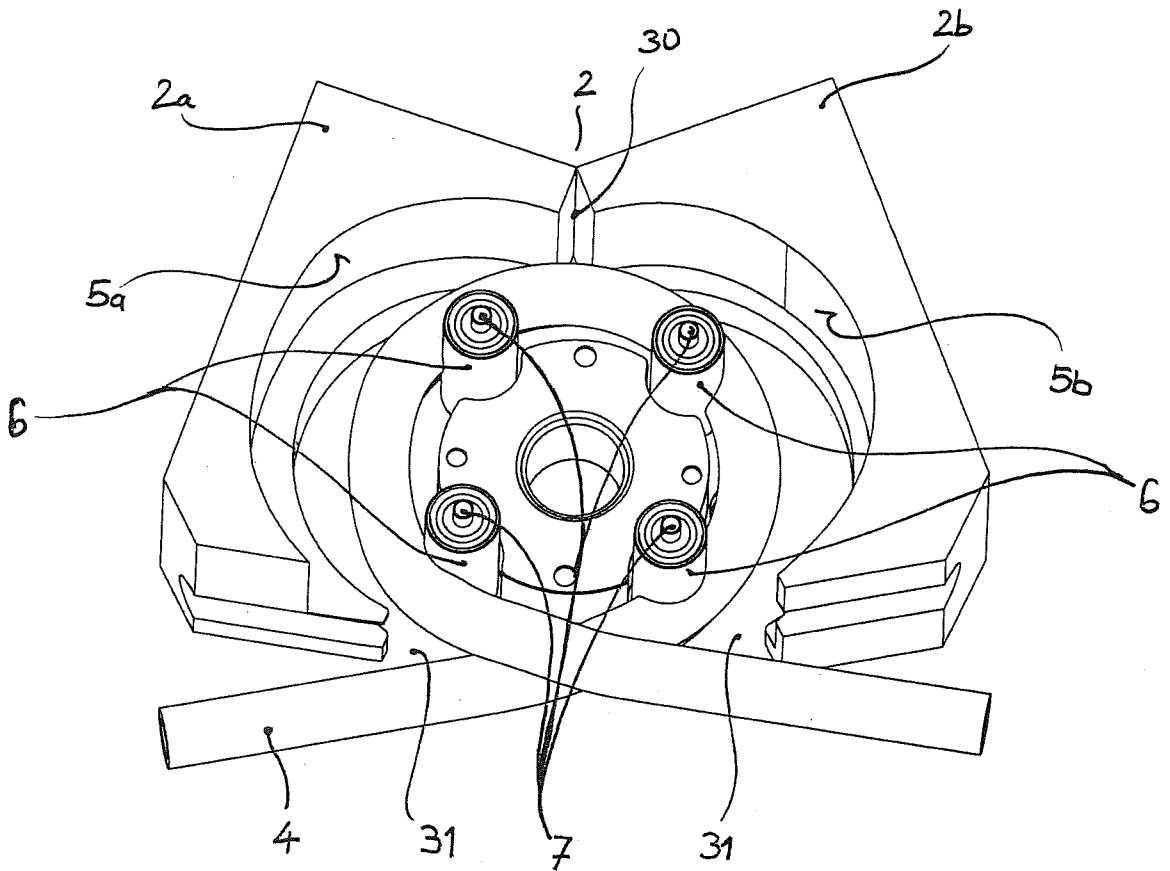


Fig. 8

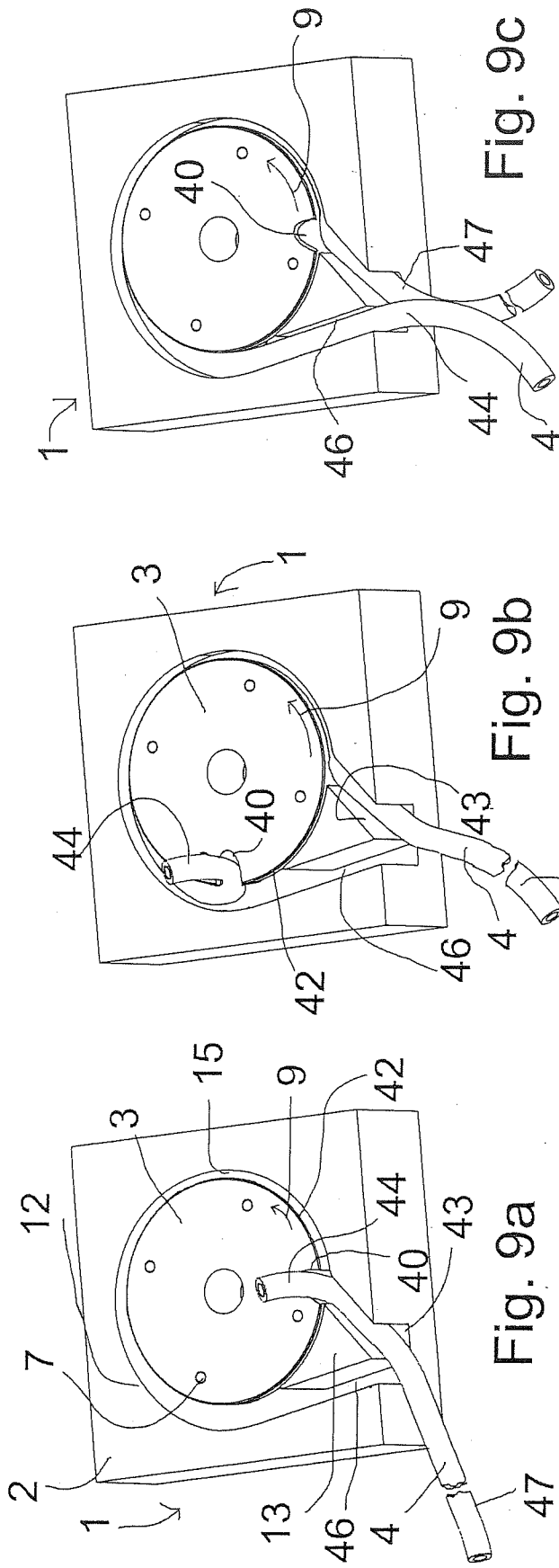


Fig. 9c

Fig. 9b

Fig. 9a

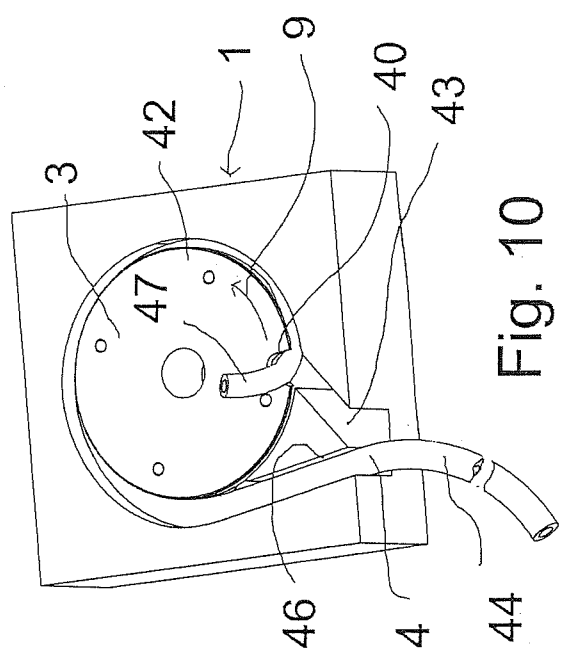


Fig. 10