



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
12.05.2010 Patentblatt 2010/19

(51) Int Cl.:
F04B 43/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08450172.5**

(22) Anmeldetag: **05.11.2008**

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

(71) Anmelder:
• **Roche Diagnostics GmbH**
68305 Mannheim (DE)
Benannte Vertragsstaaten:
DE
• **F. Hoffmann-La Roche AG**
4070 Basel (CH)
Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

(72) Erfinder:
• **Ickinger, Simon**
8010 Graz (AT)
• **Bartel, Arnold**
8051 Graz (AT)

(74) Vertreter: **Margotti, Herwig Franz et al**
Schwarz & Partner
Patentanwälte
Wipplingerstrasse 30
1010 Wien (AT)

(54) **Verfahren zur Peristaltikpumpensteuerung**

(57) Eine Peristaltikpumpe (1) umfasst von zumindest einem Aktuator bewegte Quetschelemente (4), die auf einen Schlauch (5) wirken, in dem ein Medium (7) gefördert wird, wobei die Quetschelemente (4) sukzessive in und außer Quetscheingriff mit dem Schlauch (5) gelangen. Ein Verfahren zur Steuerung der Peristaltikpumpe umfasst das Messen über die Zeit eines für die Durchflussgeschwindigkeit (v) des Mediums (7) durch den Schlauch (5) repräsentativen fluidischen Parameters (FP), das Ermitteln der relativen Welligkeit (w) der Durchflussgeschwindigkeit (v) des Mediums (7) aus dem gemessenen zeitlichen Verlauf des fluidischen Parameters (FP), und das Glätten der Welligkeit (w) durch Adjustieren der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente (4) auf Basis der ermittelten Welligkeit (w) der Durchflussgeschwindigkeit.

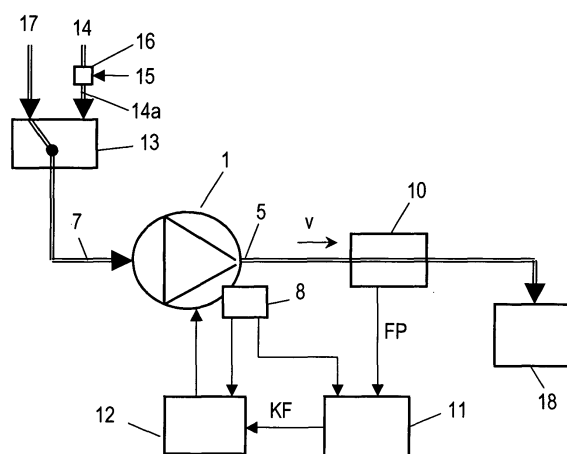


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Peristaltikpumpen sind Verdrängerpumpen, bei denen das zu fördernde Medium durch einen Schlauch geleitet wird, der zumeist U-förmig ist, aber auch linear oder entlang einer weitgehend beliebigen Bahn angeordnet sein kann. Dieser Schlauch stützt sich im Gehäuse der Pumpe ab und wird sukzessive durch Quetschelemente, wie Rollen oder Gleitschuhe abgeklemmt, die von einem Aktuator bewegt werden. Zumeist ist dieser Aktuator als Rotor ausgeführt. Die Rotordrehung bewegt die durch die Quetschelemente erzeugte Abklemmstelle entlang des Schlauches und treibt damit ein vor der Abklemmstelle liegendes Volumen des zu fördernden Mediums im Schlauch voran. Gleichzeitig wird am Schlaucheingang ein Ansaugunterdruck erzeugt. In alternativen Ausgestaltungen von Peristaltikpumpen sind die Aktuatoren als Linearantriebe ausgeführt, oder sind - in Art einer Klaviertastatur - eine Vielzahl von Quetschelementen hintereinander entlang des Schlauchs angeordnet, die jeweils von einem eigenen Aktuator in Abfolge gegen den Schlauch gedrückt werden, so dass sich eine Art von fortschreitender Bewegung einstellt. Die wesentlichen Vorteile von Peristaltikpumpen sind eine schonende Förderung von empfindlichem Fördergut, ein vollständig geschlossenes System, das Fehlen von Ventilen, die Möglichkeit der Förderung von Medien mit Feststoffpartikeln und die genaue Dosierbarkeit der Fördermengen. Aufgrund dieser Eigenschaften werden Peristaltikpumpen häufig in Laborgeräten eingesetzt, beispielsweise in Blutanalysegeräten, bei denen Peristaltikpumpen für den Blutprobentransport im Gerät oder den Waschvorgang, etc. verwendet werden.

[0002] Nachteilig an Peristaltikpumpen ist jedoch, dass aufgrund variierender Schlaucheigenschaften und Verschleiß des Schlauches veränderliche Förderleistungen auftreten. Insbesondere wird durch den mechanischen Eingriff der Rollen in den Schlauch und die dadurch hervorgerufene Verdrängung des zu fördernden Mediums eine Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit des Mediums im Schlauch erzeugt, wie im Diagramm von Fig. 2 zu sehen. Die Welligkeit stellt somit eine Abweichung von der durchschnittlichen Durchflussgeschwindigkeit dar und bewirkt je nach Position der eingreifenden Rollen kurzzeitig einen höheren oder einen niedrigeren Durchfluss. Das Diagramm von Fig. 2 stellt den zeitlichen Verlauf der Durchflussgeschwindigkeiten v des zu fördernden Mediums in $\mu\text{l}/\text{min}$ für eine Peristaltikpumpe mit zwei verschiedenen Walkschläuchen des gleichen Typs, aber unterschiedlichen Alters bzw. unterschiedlicher Chargennummer dar. Man erkennt aus den beiden Messkurven M1, M2, dass die Durchflussgeschwindigkeiten zwar mit derselben Periode p (vorgegeben durch die Rotordrehzahl und den Abstand der Rollen voneinander) variieren, die Amplituden - und damit die Welligkeiten w - der Durchflussgeschwindigkeiten bei den beiden Schläuchen sich aber deutlich voneinander unterscheiden. Dieser Einfluss der Schlaucheigenschaf-

ten und des Alters des Schlauches ist insbesondere bei Blutanalysegeräten nachteilig, bei denen der Walkschlauch sehr häufig ein Verbrauchsgut ist und oft zusammen mit anderen Fluidik-Elementen in ein so genanntes Fluidpack eingebaut ist, das in regelmäßigen Intervallen getauscht wird. Eine weitere wichtige Eigenschaft von Blutanalysegeräten ist die Möglichkeit, ein möglichst kleines Blutprobenvolumen zu Analytbestimmung einsetzen zu können, um den Patienten minimal zu belasten. Durch die Welligkeit der Förderleistung der Peristaltikpumpen in den Blutanalysegeräten wird die Erreichung dieses Ziels erschwert.

[0003] Um die Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit von Peristaltikpumpe zu verringern, sind verschiedene geometrische Konstruktionen der Kontur des Pumpengehäuses, an der der Walkschlauch anliegt, bekannt. Durch solche mechanischen Adaptierungen sind Verringerungen der Welligkeit der Förderleistung um ca. 10% erreichbar, die vorwiegend durch ein sanfteres Eingreifen der Quetschrollen in den Schlauch erzielt werden.

[0004] Eine andere Methode, die Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit von Peristaltikpumpen zu verringern, ist die Variation der Winkelgeschwindigkeit des Rotors, an dem die Quetschrollen montiert sind. Dieses Prinzip ist im Dokument EP 389 719 B1 beschrieben. Dabei wird die Peristaltikpumpe mit einer Rollenpositionsbestimmung ausgestattet. Diese kann zum Beispiel ein induktiver oder optischer Impulsgeber an einer Rolle sein. Sobald die mit dem Impulsgeber ausgestattete Rolle an einer Messstelle vorbei kommt, wird ein Signal ausgegeben. Alternativ dazu kann, wenn ein Schrittmotor den Rotor der Pumpe antreibt, eine Positionsbestimmung durch die interne Regelung des Schrittmotors durchgeführt werden. Da die Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit der Peristaltikpumpe periodisch in Abhängigkeit von der Rollenposition auftritt, kann mithilfe einer Motorsteuerung, die den Motor, der den Rotor treibt, so steuert, dass durch eine der Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit entgegenwirkende Veränderung der Winkelgeschwindigkeit des Rotors in Abhängigkeit von der Rollenposition diese Welligkeit geglättet, d.h. reduziert, wird. Die Motorsteuerung muss dabei so eingestellt sein, dass sie eine Mindestwelligkeit ausgleicht (das wäre z.B. in Fig. 2 die Durchflussgeschwindigkeitskurve M2 mit der kleineren Amplitude). Der Nachteil ist, dass für alle Pumpenkonstellationen mit Ausnahme jener mit der Mindestwelligkeit eine Restwelligkeit verbleibt.

[0005] Wie bereits erwähnt, besteht bei vielen Anwendungen von Peristaltikpumpen, insbesondere jedoch bei Blutanalysegeräten die Forderung nach einem möglichst kleinen Probenvolumen. Beim jetzigen Stand der Technik wird aber ein Anteil des Probenvolumens als "Toleranzvolumen" benötigt, das erforderlich ist, um die Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit auszugleichen. Die Probe wird in dem Blutanalysegerät an einem im Fließpfad der Probe angeordneten Sensor zu jeweiligen Analytbestimmung positioniert, wobei die Steuerung der Probenpositionierung unter Zugrundelegung einer defi-

nierten konstanten Durchflussgeschwindigkeit erfolgt. Da die tatsächliche Durchflussgeschwindigkeit der Probe aber nicht konstant ist, sondern wegen der Eigenschaften der Peristaltikpumpe eine Welligkeit aufweist, kann es passieren, dass die Probe je nach momentaner Durchflussgeschwindigkeit vor oder nach dem Sensor stehen bleibt. Um diese Unsicherheit in der Positionierung der Probe zu vermeiden, muss man ein vergrößertes Probenvolumen mit dem erwähnten Toleranzvolumen-Anteil vorsehen.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Lösung für die erläuterten Probleme des Standes der Technik anzubieten. Insbesondere soll durch die vorliegende Erfindung die Welligkeit der Förderleistung von Peristaltikpumpen verringert sowie eine Peristaltikpumpensteuerung bereitgestellt werden, die eine laufende Kalibrierung einer Peristaltikpumpe während des Betriebs bezüglich der Durchflussgeschwindigkeit und deren Welligkeit ermöglicht. Dabei ist es von größter Wichtigkeit, dass insbesondere die Welligkeit von Peristaltikpumpen verringert wird, die keine geschlossene Einheit bilden, sondern bei denen der Schlauch ein Austauschteil oder Verbrauchsmaterial ist, das in relativ kurzen Abständen ersetzt wird. Schließlich soll durch die vorliegende Erfindung das notwendige Probenvolumen des durch Peristaltikpumpen in Laborgeräten, insbesondere Blutanalysegeräten, transportierten Probenmediums reduziert werden können.

[0007] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe durch ein Verfahren zur Steuerung einer Peristaltikpumpe mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der Beschreibung.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Steuerung einer eingangs erläuterten Peristaltikpumpe umfasst das Messen über die Zeit eines für die Durchflussgeschwindigkeit des Mediums durch den Schlauch repräsentativen fluidischen Parameters, das Ermitteln der relativen Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit des Mediums aus dem gemessenen zeitlichen Verlauf des fluidischen Parameters, und das Glätten der Welligkeit durch Adjustieren der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente auf Basis der ermittelten Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit.

[0009] Als fluidischer Parameter ist gemäß der Erfindung jede Messgröße vorgesehen, die geeignet ist, Veränderungen der Durchflussgeschwindigkeit durch den Schlauch der Peristaltikpumpe zu messen oder zu detektieren.

Die erfindungsgemäße Lösung geht von dem Prinzip aus, dass man durch eine Adjustierung der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente der Peristaltikpumpe in Abhängigkeit von der momentanen Position der Quetschelemente die Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit ausgleichen oder zumindest verringern kann. Dabei berücksichtigt die Erfindung zusätzlich, dass sich die Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit

bei Austausch des Walkschlauches der Peristaltikpumpe und/oder aufgrund der Alterung des Schlauches verändern kann. Dazu sieht die Erfindung vor, die zur Glättung der Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit notwendige Variation der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente der Peristaltikpumpe durch wiederkehrende Kalibrierung im laufenden Betrieb und dementsprechende Einstellung der Steuerung der Umdrehungsgeschwindigkeit des Rotors an die aktuellen Schlauch-eigenschaften anzupassen. Die Erfindung eignet sich somit hervorragend zur Anwendung bei Peristaltikpumpen, die keine untrennbare Einheit bilden, sondern bei denen der Walkschlauch als Verbrauchsmaterial immer wieder getauscht werden muss.

[0010] Die Erfindung eignet sich sowohl zum Einsatz bei klassischen, einfachen Peristaltikpumpen mit werksseitig voreingestellter konstanter Geschwindigkeit der Quetschelemente als auch bei Peristaltikpumpen, die werksseitig auf bestimmte Schlaucheigenschaften kalibriert werden, indem eine von der Position der Quetschelemente abhängige periodische Variation der Fortbewegungsgeschwindigkeit voreingestellt ist. Bei letzteren Peristaltikpumpen erfolgt das Glätten der Welligkeit durch Adjustieren der voreingestellten periodischen Variation der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente auf Basis der ermittelten relativen Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit.

[0011] In einer bevorzugten, einfach zu realisierenden Ausführungsform der Erfindung umfasst das Adjustieren der periodischen Variation der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente das Errechnen eines Kalibrierungsfaktors aus der ermittelten Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit des Mediums und das Nachstellen der periodischen Variation der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente um den Kalibrierungsfaktor.

[0012] Um Veränderungen der Eigenschaften der Peristaltikpumpe, insbesondere aufgrund von Bauteilalterung etc., im laufenden Betrieb erkennen und gegebenenfalls ausgleichen zu können, ist in einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, den Kalibrierungsfaktor (oder die ermittelte Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit als eine damit zusammenhängende Größe) im laufenden Betrieb zu überprüfen, ob er innerhalb vorgegebener Grenzen liegt, und bei Überschreiten dieser Grenzen eine Neuberechnung des Kalibrierungsfaktors vorzunehmen, was zu einer Anpassung der periodischen Variation der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente führt.

[0013] Die Erfindung eignet sich zum Einsatz bei allen Typen von Peristaltikpumpen, beispielsweise bei den eingangs erwähnten Typen, bei denen der Walkschlauch linear oder entlang einer beliebigen vorgegebenen Bahn angeordnet ist. Die Quetschelemente können beispielsweise einzeln von Aktuatoren bewegbar in Form einer "Klaviertastatur" entlang des Walkschlauchs angeordnet sein, oder gemeinsam von einem Aktuator, wie einem Linearantrieb, oder einem von einem Förderband ange-

triebenen Band bewegt werden.

[0014] In einer bevorzugten, weil sehr betriebssicheren und kompakten Ausführungsform ist der Aktuator ein von einem Motor angetriebener Rotor, von dem die Quetschelemente in einer Kreisbewegung entlang des Schlauchs bewegt werden, wobei die Position der Quetschelemente während der Rotordrehung detektiert wird und die Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente durch Steuern der Winkelgeschwindigkeit des Rotors adjustiert wird.

[0015] In einer mit billigen Standardbauteilen zu realisierenden Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird als fluidischer Parameter die Durchflussgeschwindigkeit des Mediums gemessen, indem die Zeitdauer erfasst wird, die Mediapakete bzw. die Front und das Ende des Mediums oder von Medienpaketen für das Hindurchgehen durch eine im Fließpfad der Peristaltikpumpe liegende Messstrecke mit konstantem Messvolumen benötigen. Gleichzeitig werden die Positionen der Quetschelemente erfasst und den Zeitdauern zugeordnet, woraus sich eine Kurve der relativen Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit ergibt.

[0016] Die Mediapakete werden vorzugsweise durch Einbringen von Luftblasen in den Mediumstrom generiert, wobei der Mediumstrom entweder von einem Probenmedium oder einer Kalibrierungsflüssigkeit, beispielsweise eine Kalibrationsflüssigkeit, einer Qualitätskontrollflüssigkeit oder einer Waschflüssigkeit eines Blutanalysegeräts, stammt. Zur Vermeidung von Messartefakten ist vorgesehen, die Luftblasen in unregelmäßigen Intervallen in den Mediumstrom einzubringen.

[0017] Um Einzelwerte der Kurve der Welligkeit innerhalb einer Periode zu erfassen, anstatt eine Mittelwertmessung zu erhalten, werden das Messvolumen der Messstrecke und die Größe der Mediapakete so gewählt, dass die Periode der Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit, die mit dem Abstand benachbarter Quetschelemente und der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente, insbesondere der Rotorwinkelgeschwindigkeit, korrespondiert, ein Vielfaches jener Zeitdauer beträgt, die die Mediapakete zum Durchfließen der Messstrecke benötigen.

[0018] Eine genaue und schnelle Messung der Zeitdauer für das Hindurchgehen der Mediapakete durch die Messstrecke wird vorzugsweise durch Verwendung optischer Sensoren erreicht.

[0019] Alternativ zur Messung der Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit mittels Mediapaketen, definierter Messstrecke und Zeitmessung können auch andere fluidische Parameter zur Welligkeitsmessung herangezogen werden, nämlich insbesondere der Druck des Mediums, der durch einen Drucksensor erfasst wird, oder die Temperatur des Mediums, die durch einen Temperatursensor erfasst wird, oder die Durchflussgeschwindigkeit des Mediums selbst, die durch ein Flowmeter erfasst wird. Das Medium kann auch in eine Wiegezelle geleitet werden, wobei der fluidische Parameter die relative Gewichtsänderung dieser Wiegezelle ist. Al-

ternativ dazu kann als fluidischer Parameter die elektrische Leitfähigkeit des Mediums durch einen Leitfähigkeitssensor gemessen werden.

Weiterhin können als mögliche fluidische Parameter prinzipiell alle Messgrößen eingesetzt werden, die geeignet ist, Veränderungen der Durchflussgeschwindigkeit durch den Schlauch der Peristaltikpumpe zu messen oder zu detektieren. So können beispielsweise auch indirekte Messgrößen eingesetzt werden, welche ihrerseits wieder von einer weiteren Messgröße abhängig sind, die auf Veränderungen der Durchflussgeschwindigkeit durch den Schlauch der Peristaltikpumpe in charakteristischer Art und Weise reagieren.

[0020] In einem Aspekt der Erfindung ist vorgesehen, das Verfahren zur Steuerung einer Peristaltikpumpe nach einem jeden Tausch des Schlauches durchzuführen, um die durch den Schlauchwechsel gegebenenfalls hervorgerufenen Änderungen von Strömungsparametern etc. beim Pumpenbetrieb adäquat zu berücksichtigen. Dieser Aspekt der Erfindung ist insbesondere für Peristaltikpumpen wichtig, bei denen der Schlauch als ein Austauschteil konzipiert oder in ein solches integriert ist.

[0021] Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 den schematischen Aufbau einer Peristaltikpumpe;

Fig. 2 ein Diagramm zweier zeitlicher Verläufe von Durchflussgeschwindigkeiten eines in einer Peristaltikpumpe gemäß dem Stand der Technik geförderten Mediums vor und nach einem Austausch des Walkschlauchs;

Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Anordnung einer Peristaltikpumpe mit einer erfindungsgemäßen Pumpensteuerung und Mitteln zur Erfassung von fluidischen Parametern gemäß der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 4 eine spezifische Anordnung zur Erfassung von fluidischen Parametern gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0022] Anhand der Darstellung von Fig. 1 wird nun der prinzipielle Aufbau einer Peristaltikpumpe 1 erläutert. Die Peristaltikpumpe 1 umfasst einen von einem Motor 2 zur Drehung in Richtung des Pfeils r angetriebenen Rotor 3. Der Rotor 3 weist an seinem Umfang in gleichen Abständen voneinander Quetschelemente 4 auf, die in dieser Ausführungsform als Rollen ausgebildet sind. Alternativ dazu könnten die Quetschelemente 4 als Gleitelemente ausgebildet sein. Der Rotor 3 wird ca. in einem Winkel von 180° von einem Walkschlauch 5 umschlungen, der sich an seiner Außenseite an einer Gehäusestruktur 6 abstützt. Bei Drehung des Rotors 3 gelangen die Quetschelemente 4 sukzessive in und außer Quetscheingriff mit dem Schlauch 5, wodurch am Einlass 5a des Schlauchs 5 ein Unterdruck erzeugt wird, der ein durch

die Peristaltikpumpe zu förderndes Medium 7, wie z.B. eine Blutprobe oder Spülflüssigkeit, in den Schlauch 5 saugt und durch den Schlauch 5 bis zum Pumpenausgang 5b hindurchbefördert. Bei gleichförmiger Drehung des Rotors 3 stellt sich der im Diagramm von Fig. 2 dargestellte, wellige Verlauf der Durchflussgeschwindigkeit v des Mediums 7 ein, wobei die Welligkeit w im Diagramm von Fig. 2 als Spitze-Spitze-Differenz der Amplitude einer jeden Periode p ermittelt werden kann. Die Periode p der Welligkeit w wiederum ergibt sich aus der Winkelgeschwindigkeit r des Rotors 3 und dem Abstand benachbarter Quetschelemente 4. Jedes Mal, wenn ein Quetschelement 4 in den Schlauch 5 einzugreifen beginnt, beginnt eine neue Periode p , die bis zum Eingreifen des nächsten Quetschelements 4 in den Schlauch 5 dauert. Wie eingangs beschrieben, ist es zur Glättung der Welligkeit w aus dem Stand der Technik bekannt, den Motor 2 so zu steuern, dass der Rotor 3 innerhalb jeder Periode p seine Winkelgeschwindigkeit r so variiert, dass sie der Welligkeit entgegenwirkt. Dazu ist es erforderlich, die Position der Quetschelemente 4 während der Rotordrehung zu kennen, wozu beispielsweise ein Positionssensor 8 vorgesehen sein kann. Wenn der Motor 2 als Schrittmotor ausgeführt ist, ist es auch möglich, die Position der Quetschelemente 4 aus der Schrittabfolge des Motors zu detektieren.

[0023] Soweit bisher beschrieben, ist die Peristaltikpumpe 1 aus dem Stand der Technik bekannt. Ohne die nachfolgend zu beschreibende erfindungsgemäße Steuerung und Kalibrierung würde sie aber selbst bei Vorsehen der bekannten Variierung der Winkelgeschwindigkeit r des Rotors nur für einen Walkschlauch 5 mit exakt definierten Eigenschaften ein einigermaßen glattes Förderverhalten zeigen. Da aber jeder Walkschlauch 5 im Laufe seiner Lebensdauer aufgrund der Beanspruchung und von Umwelteinflüssen seine Eigenschaften ändert und im Falle eines Austausches des Walkschlauchs 5 kaum ein Ersatz durch einen Walkschlauch mit identischen Eigenschaften möglich ist, würde das Förderverhalten in der Praxis die bekannten Welligkeiten der Durchflussgeschwindigkeit des Mediums zeigen. Durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen lässt sich die Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit von durch den Schlauch 5 hindurch geförderten Medium 7 jedoch dauerhaft auf ein Minimum reduzieren.

[0024] Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild einer Anordnung der Peristaltikpumpe 1 von Fig. 1 mit einer erfindungsgemäßen Pumpensteuerung 12 und Messmitteln 10 zur Erfassung von fluidischen Parametern gemäß der vorliegenden Erfindung. Die Peristaltikpumpe 1 ist mit einem Positionssensor 8 zur Erfassung der genauen Position der Quetschelemente 4 des Rotors 3 ausgestattet. Die Pumpensteuerung 12 ist dazu ausgebildet, die Winkelgeschwindigkeit des Rotors 3 periodisch in Abhängigkeit von der Position der Quetschelemente 4 gemäß einem vorgegebenen Verlauf zu variieren, so dass eine Basisreduzierung der Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit v von durch den Schlauch 5 hindurch geförderten

Medium 7 erreicht wird. Der vorgegebene Verlauf der periodischen Variierung der Winkelgeschwindigkeit des Rotors 3 kann z.B. in einer Tabelle in einem Speicher der Pumpensteuerung 12 gespeichert sein. Die Erstellung dieser Tabelle erfolgt z.B. beim Assemblieren der Pumpe 1 mittels Erfassen des Verlaufs der Durchflussgeschwindigkeit des Mediums durch den Schlauch 5 bei gleichförmiger Drehung des Rotors 3 und Errechnen einer Ausgleichskurve, die der Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit entgegenwirkt und in Form besagter Tabelle im Speicher der Steuerung 12 abgelegt wird.

[0025] Eine solche Ausgleichskurve bzw. Tabelle hat aber nur für den Zeitpunkt ihrer Aufnahme und die dabei herrschenden Bedingungen und Materialeigenschaften Gültigkeit. Sie wird im Lauf der Zeit immer mehr von den tatsächlichen Erfordernissen abweichen. Deshalb sieht die Erfindung Kalibrierungsmittel 11 vor, die z.B. als Mikroprozessor ausgebildet sind, und die in bestimmten zeitlichen Abständen die Pumpensteuerung 12 nachkalibrieren. Die zeitlichen Abstände der Kalibrierung können entweder ereignisgesteuert sein, z.B. jedes Mal, wenn der Schlauch 5 getauscht wird, oder zeitgesteuert anhand von vorgegebenen Intervallen festgelegt werden. Für die Kalibrierung erfassen die Kalibrierungsmittel 11 einen für die Durchflussgeschwindigkeit v des Mediums repräsentativen fluidischen Parameter FP , der mithilfe der Messmittel 10 gemessen wird. Aus dem gemessenen fluidischen Parameter FP ermitteln die Kalibrierungsmittel 11 dann die Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit des Mediums (vergleiche Diagramm von Fig. 2) und stellen die von der Pumpensteuerung 12 bewirkte periodische Variierung der Winkelgeschwindigkeit r des Rotors 3 auf Basis der ermittelten Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit so nach, dass diese der Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit entgegenwirkt und diese somit verringert. Genauer gesagt, wird durch diese Veränderung an der Pumpensteuerung 12 der prinzipielle Verlauf der Variierung der Winkelgeschwindigkeit des Rotors beibehalten, jedoch die Absolutwerte bzw. Amplitude angepasst. Dies wird in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erzielt, indem der vorgezeichnete Verlauf der Variierung der Winkelgeschwindigkeit in der Pumpensteuerung 12 mit einem Kalibrierungsfaktor KF multipliziert wird, der von den Kalibrierungsmitteln 11 in Abhängigkeit von der erfassten Welligkeit w der Durchflussgeschwindigkeit v errechnet und an die Pumpensteuerung 12 übermittelt wird. Dieser Kalibrierungsvorgang kann iterativ wiederholt werden, bis die gewünschte Glättung der Welligkeit erreicht ist. Der sich daraus ergebende Verlauf der Variierung der Winkelgeschwindigkeit des Rotors 3 wird beibehalten, bis wieder eine erneute Kalibrierung durchgeführt wird.

[0026] Damit für die Kalibrierung bei Laborgeräten, wie Blutanalysegeräten kein Probenmedium 17 vergeudet werden muss, kann der Peristaltikpumpe 1 ein Fluidumschalter 13 vorgeschaltet sein, der im Normalbetrieb der Pumpe das Probenmedium 17 als zu beförderndes Medium 7 zuführt, und für die Kalibrierung eine Kalibrie-

rungsflüssigkeit 14 zuführt, bei der es sich beispielsweise um Spülflüssigkeit handelt. Zur Erzeugung einzelner flüssiger Mediumpakete 14a ist im Pfad der Kalibrierungsflüssigkeit 14 ein Ventil 16 vorgesehen, mit dem Luft 15 eingebracht werden kann, um so aus dem Strom der Kalibrierungsflüssigkeit 14 einzelne Mediumpakete 14 zu erzeugen, wie nachfolgend näher erläutert wird.

[0027] Stromabwärts von den Mitteln 10 zur Erfassung eines fluidischen Parameters ist ein Auffangbehälter 18 für das Medium 7 vorgesehen.

[0028] Die Mittel 10 zur Erfassung eines fluidischen Parameters FP können auf diversen sensorischen Prinzipien basieren, insbesondere auf physikalischen Prinzipien. In einer Ausführungsform ist der fluidische Parameter FP der Druck des Mediums 7, wobei die Erfassungsmittel 10 als Drucksensor ausgebildet sind.

[0029] In einer alternativen Ausgestaltung ist der fluidische Parameter FP die Temperatur des Mediums 7, wobei die Erfassungsmittel 10 als Temperatursensor ausgebildet sind.

[0030] In einer weiteren Ausführungsform ist der fluidische Parameter FP die relative Gewichtsänderungen einer Wiegezeile, in die das Medium 7 geleitet wird. Dazu wird beispielsweise das Gewicht des Auffangbehälters 18 ständig bestimmt, wobei die Erfassungsmittel 10 als Waage ausgebildet sind.

[0031] In einer weiteren alternativen Ausführungsform ist der fluidische Parameter die Durchflussgeschwindigkeit des Mediums, wobei die Erfassungsmittel 10 als Flowmeter ausgebildet ist.

[0032] In einer weiteren Ausführungsform ist der fluidische Parameter FP die elektrische Leitfähigkeit des Mediums 7, wobei die Erfassungsmittel 10 als Leitfähigkeitssensor ausgebildet sind.

[0033] Anhand der schematischen Darstellung von Fig. 4 wird nun eine Ausführungsform der Erfassungsmittel 10 beschrieben, die die Zeit misst, die Mediumpakete 14a für den Durchfluss durch eine konstante Messstrecke MS benötigen.

[0034] Die Messstrecke MS befindet sich im Fluidikpfad der Peristaltikpumpe, z.B. im Schlauch 5 oder einer stromabwärts davon befindlichen Leitung. Die Messstrecke MS hat ein konstantes, aufgrund von Bauteiltoleranzen möglicherweise aber nicht bekanntes Volumen. Diese Messstrecke MS wird durch zwei optische Sensoren S1, S2 begrenzt, die Mediumpakete 14a bzw. deren Beginn und Ende im laufenden Betrieb erkennen können. Diese Mediumpakete werden erzeugt, indem der Fluidumschalter 13 (siehe Fig. 3) auf die Zufuhr von Kalibrierungsflüssigkeit 14 umgeschaltet wird, und durch das Ventil 16 in einer zeitlichen Abfolge Luft 15 in die Kalibrierungsflüssigkeit 14 eingebracht wird. Um Messartefakte zu verhindern, ist vorgesehen, dass die Mediumpakete 14a unterschiedliches Volumen und/oder unterschiedliche Abstände voneinander aufweisen. Die Verweildauer der Mediumpakete 14 in der Messstrecke wird gemessen und in Abhängigkeit von der Quetschelementposition in einer Tabelle oder einem Diagramm auf-

getragen. Der Vorgang wird mit mehreren Mediumpaketen 14a wiederholt, wodurch sich eine Tabelle bzw. Kurve der relativen Welligkeit in Abhängigkeit von der Quetschelementposition ergibt. Die Länge der Messstrecke MS ist so zu wählen, dass die Zeit, die jedes Mediumpaket 14a für den Durchlauf durch die Messstrecke MS braucht, nur einen Bruchteil, z.B. weniger als ein Fünftel der Periodendauer p der Welligkeit w der Peristaltikpumpe 1 beträgt. So kann erreicht werden, dass nicht nur ein Mittelwert der Durchflussgeschwindigkeit v, sondern ein Einzelwert innerhalb einer Periode p der Welligkeit w ermittelt wird. Die Steuerung des Fluidumschalters 13 und des Ventils 16 erfolgt durch die Kalibrierungsmittel 11, denen die Zeitdauer des Durchlaufens der Mediumpakete 14a durch die Messstrecke MS als fluidischer Parameter FP zugeführt wird und die gleichzeitig die exakten Positionen der Quetschelemente 4 vom Positionssensor 8 zugeführt bekommen und somit die genannte Tabelle bzw. Kurve der relativen Welligkeit erstellen können. Danach wird anhand der Tabelle ein Kalibrierfaktor KF errechnet und der Pumpensteuerung 12 zugeführt, welche die Absolutwerte bzw. Amplitude der periodisch variierenden Winkelgeschwindigkeit des Rotors auf Basis des ermittelten Kalibrierfaktors KF verändert. Mit dieser geänderten Ansteuerung der Peristaltikpumpe 1 werden erneut Mediumpakete 14 in der Messstrecke MS vermessen. Durch die Veränderung des Kalibrierfaktors der Pumpe verändern sich auch die Tabellenwerte. In einem Optimierungszyklus kann somit die Steuerung 12 der Peristaltikpumpe 1 bei jedem Schlauchwechsel bzw. für jeden Betriebszustand oder in regelmäßigen Abständen kalibriert werden. Nach erfolgter Kalibrierung wird der Fluidumschalter 13 in die Stellung umgeschaltet, in der das Probenmedium 17 zur Peristaltikpumpe 1 zugeführt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Peristaltikpumpe (1), die von zumindest einem Aktuator bewegte Quetschelemente (4) umfasst, die auf einen Schlauch (5) wirken, in dem ein Medium (7) gefördert wird, wobei die Quetschelemente (4) sukzessive in und außer Quetscheingriff mit dem Schlauch (5) gelangen, **gekennzeichnet durch** das Messen über die Zeit eines für die Durchflussgeschwindigkeit (v) des Mediums (7) **durch** den Schlauch (5) repräsentativen fluidischen Parameters (FP), das Ermitteln der relativen Welligkeit (w) der Durchflussgeschwindigkeit (v) des Mediums (7) aus dem gemessenen zeitlichen Verlauf des fluidischen Parameters (FP), und das Glätten der Welligkeit (w) **durch** Adjustieren der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente (4) auf Basis der ermittelten Welligkeit (w) der Durchflussgeschwindigkeit (v).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Peristaltikpumpen mit, insbesondere werksseitig, voreingestellter periodischer Variation der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente (4) in Abhängigkeit von einer momentanen Position der Quetschelemente (4) das Glätten der Welligkeit (w) durch Adjustieren der voreingestellten periodischen Variation der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente (4) auf Basis der ermittelten relativen Welligkeit (w) der Durchflussgeschwindigkeit vorgenommen wird. 5
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Adjustieren der periodischen Variation der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente (4) das Errechnen eines Kalibrierungsfaktors (KF) aus der ermittelten Welligkeit (w) der Durchflussgeschwindigkeit (v) des Mediums (7) und das Nachstellen der periodischen Variation der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente (4) um den Kalibrierungsfaktor (KF) umfasst. 10
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kalibrierungsfaktors (KF) im laufenden Betrieb überprüft wird, ob er innerhalb vorgegebener Grenzen liegt, und bei Überschreiten dieser Grenzen eine Neuberechnung des Kalibrierungsfaktors (KF) vorgenommen wird. 15
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aktuator ein von einem Motor (2) angetriebener Rotor (3) ist, von dem die Quetschelemente (4) in einer Kreisbewegung entlang des Schlauchs (5) bewegt werden, wobei die Position der Quetschelemente während der Rotordrehung detektiert wird und die Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente (4) durch Steuern der Winkelgeschwindigkeit (r) des Rotors (3) adjustiert wird. 20
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der fluidische Parameter die Durchflussgeschwindigkeit (v) des Mediums (7) ist und gemessen wird durch Erfassen der Zeitdauer, die Mediapakete (14a) bzw. die Front und das Ende des Mediums (7) oder von Medienpaketen (14a) für das Hindurchgehen durch eine im Fließpfad der Peristaltikpumpe liegende Messstrecke (MS) mit konstantem Messvolumen benötigen, gleichzeitiges Erfassen der Positionen der Quetschelemente (4) und Zuordnen der Positionen der Quetschelemente (4) zu den Zeitdauern, woraus sich eine Kurve der relativen Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit ergibt. 25
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mediapakete (14a) durch Einbringen von Luft (15) in einen Mediumstrom generiert werden, insbesondere dass die Luft (15) in unregelmäßigen Intervallen in den Mediumstrom eingebracht wird. 30
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messvolumen der Messstrecke und die Volumina der Mediapakete (14a) so gewählt werden, dass die Periode (p) der Welligkeit der Durchflussgeschwindigkeit, die mit dem Abstand benachbarter Quetschelemente und der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Quetschelemente (4), insbesondere der Rotorwinkelgeschwindigkeit (r) korrespondiert, ein Vielfaches jener Zeitdauer beträgt, die die Mediapakete zum Durchfließen durch die Messstrecke (MS) benötigen. 35
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hindurchgehen der Mediapakete (14a) durch die Messstrecke (MS) mittels optischer Sensoren (S1, S2) erfasst wird. 40
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der fluidische Parameter der Druck des Mediums (7) ist und durch einen Drucksensor erfasst wird, oder der fluidische Parameter die Temperatur des Mediums (7) ist und durch einen Temperatursensor erfasst wird, oder der fluidische Parameter die relative Gewichtsänderung einer Wiegezeile ist, in die das Medium geleitet wird, oder die Durchflussgeschwindigkeit (v) durch ein Flowmeter erfasst wird, oder der fluidische Parameter die elektrische Leitfähigkeit des Mediums (7) ist und durch einen Leitfähigkeitssensor gemessen wird. 45
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es nach einem jeden Tausch des Schlauches (5) durchgeführt wird, wobei der Schlauch vorzugsweise als Austauschteil konzipiert oder in ein Austauschteil integriert ist. 50

Fig. 1

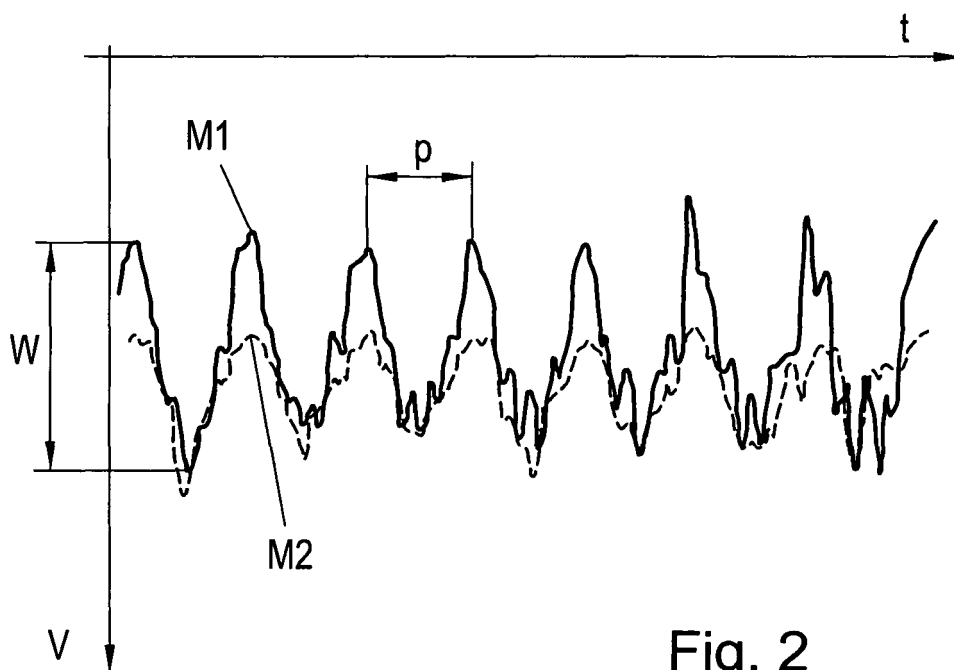
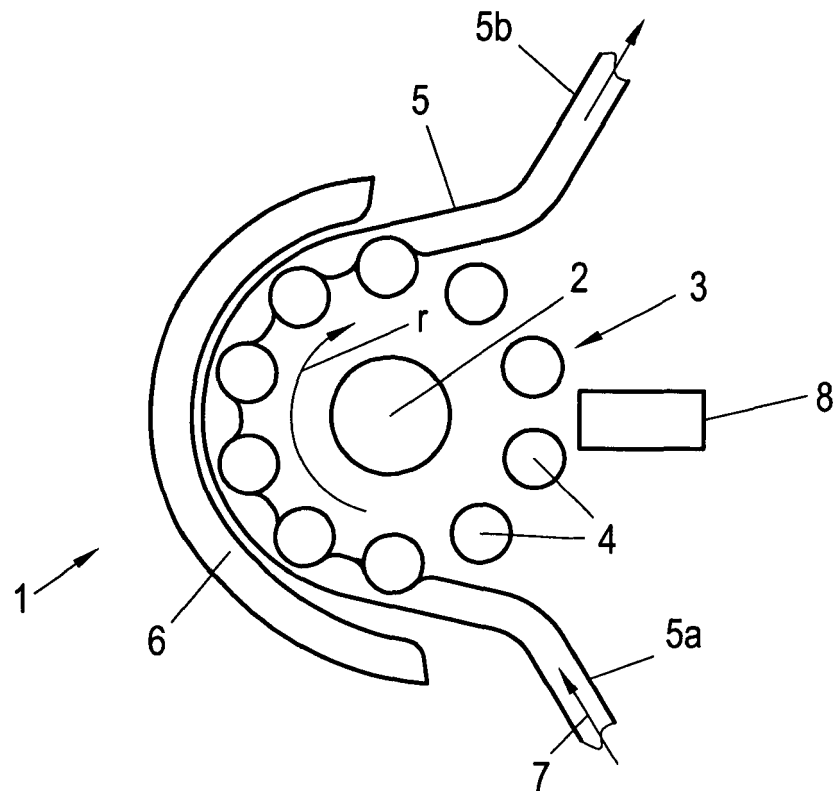


Fig. 2

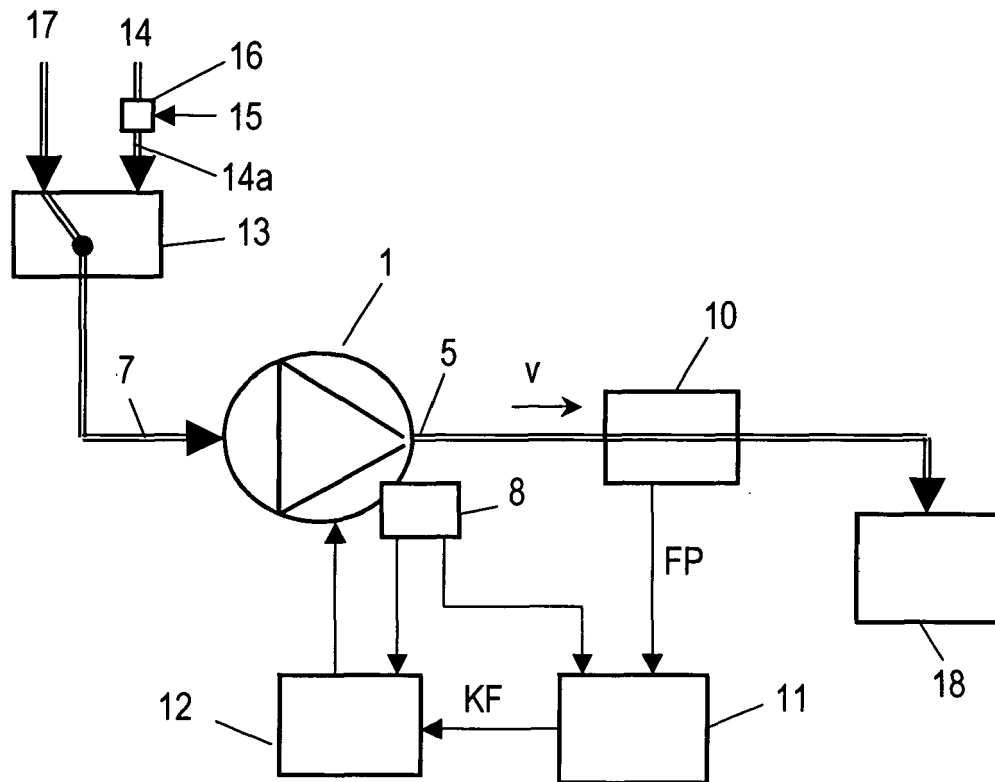


Fig. 3

12

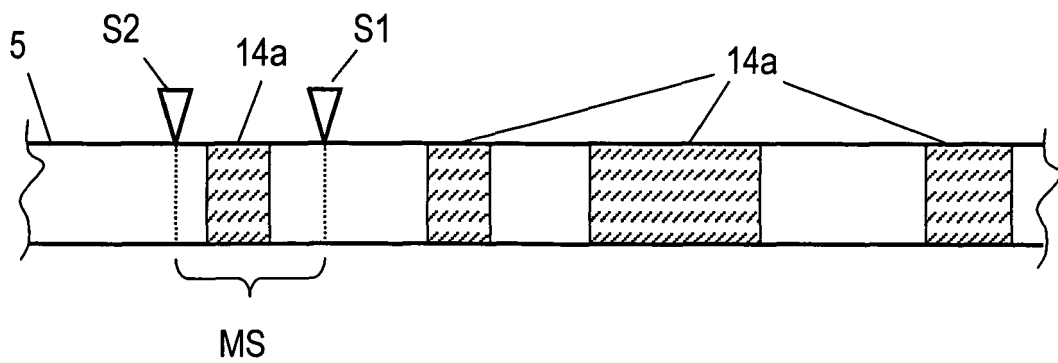


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 08 45 0172

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 835 179 A (ALCON INC [CH]) 19. September 2007 (2007-09-19) * Zusammenfassung *	1-5,10,11	INV. F04B43/12
Y	* Spalte 1, Zeile 50 - Spalte 2, Zeile 4 * * Spalte 3, Zeilen 6-47 * * Abbildungen 2-4 * * Ansprüche 1-5 *	6,7,9	
X	EP 1 090 649 A (NIDEK KK [JP]) 11. April 2001 (2001-04-11) * Spalte 2, Zeile 17 - Spalte 3, Zeile 45 *	1,2,5,10	
Y	* Spalte 6, Zeile 39 - Spalte 7, Zeile 35 * * Abbildungen 1-4 *	3,4	
X	GB 2 207 196 A (BODENSEEWERK PERKIN ELMER CO BODENSEEWERK PERKIN ELMER CO [DE]) 25. Januar 1989 (1989-01-25) * Zusammenfassung * * Seite 9, Zeile 18 - Seite 12, Zeile 23 * * Abbildung 3 *	1,5	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
X	JP 06 197964 A (KOBANE SUMIO) 19. Juli 1994 (1994-07-19) * Zusammenfassung * * Absätze [0010] - [0012], [0016] - [0018], [0020] - [0024], [0028] * * Abbildungen 5,6 *	1,5	F04B
Y	US 2007/059184 A1 (BACH DAVID T [US]) 15. März 2007 (2007-03-15) * Zusammenfassung * * Absätze [0003], [0015], [0024] - [0029] * * Abbildungen 2-4 * * Ansprüche 1,5,9 *	6,7,9	
A		1	
		-/--	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 26. Februar 2009	Prüfer Gombert, Ralf
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 : mündliche 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	

 3
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 08 45 0172

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	DE 101 12 848 A1 (AKSYS LTD [US] HDH LLC N D GES D STAATES DELA [US]) 27. September 2001 (2001-09-27)	3,4	
A	* Spalte 1, Zeilen 37-54 * * Spalte 3, Zeilen 28-35,49-55 * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 26. Februar 2009	Prüfer Gombert, Ralf
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 Patendokument, 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	

 3
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 08 45 0172

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

26-02-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1835179	A	19-09-2007	JP	2007247646 A	27-09-2007
			US	2007217919 A1	20-09-2007
EP 1090649	A	11-04-2001	DE	60034639 T2	27-12-2007
			JP	3905291 B2	18-04-2007
			JP	2001170062 A	26-06-2001
			US	6527745 B1	04-03-2003
GB 2207196	A	25-01-1989	AU	612378 B2	11-07-1991
			AU	1898988 A	27-01-1989
			DE	3723178 A1	26-01-1989
			JP	1094263 A	12-04-1989
			US	4952372 A	28-08-1990
JP 6197964	A	19-07-1994	KEINE		
US 2007059184	A1	15-03-2007	KEINE		
DE 10112848	A1	27-09-2001	GB	2367594 A	10-04-2002
			JP	3581323 B2	27-10-2004
			JP	2001276214 A	09-10-2001
			US	6691047 B1	10-02-2004

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

- EP 389719 B1 [0004]