

(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
07. Dezember 2017 (07.12.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/207105 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

A61M 1/14 (2006.01) F16K 17/30 (2006.01)
A61M 1/34 (2006.01) A61M 1/16 (2006.01)
G05D 7/01 (2006.01)

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/000655

Veröffentlicht:

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

(22) Internationales Anmeldedatum:

02. Juni 2017 (02.06.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2016 006 887.6
03. Juni 2016 (03.06.2016) DE

(71) Anmelder: FRESENIUS MEDICAL CARE DEUTSCHLAND GMBH [DE/DE]; Else-Kröner-Straße 1, 61352 Bad Homburg (DE).

(72) Erfinder: WIKTOR, Christoph; Am Platz 5, 63571 Gelnhausen (DE).

(74) Anwalt: THOMA, Michael; Lorenz Seidler Gossel, Rechtsanwälte Patentanwälte Partnerschaft mbB, Widemayerstraße 23, 80538 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, DJ, 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, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, 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).

(54) Title: DIALYSIS MACHINE AND CONSTANT FLOW RESTRICTOR

(54) Bezeichnung: DIALYSEGERÄT UND KONSTANTFLUSSDROSSEL

(57) Abstract: The invention relates to a dialysis machine, especially for hemodialysis and/or hemofiltration, comprising a dialysate system and a water inlet via which the dialysate system can be connected to an external water supply, characterized in that a constant flow restrictor is mounted between the water inlet and the dialysate system.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Dialysegerät, insbesondere für die Hämodialyse und/oder Hämofiltration, mit einem Dialysatsystem und mit einem Wassereingang, über welchen das Dialysatsystem an eine externe Wasserversorgung anschließbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Wasseranschluss und dem Dialysatsystem eine Konstantflussdrossel angeordnet ist.



WO 2017/207105 A2

Dialysegerät und Konstantflussdrossel

Die vorliegende Erfindung betrifft in einem ersten Aspekt ein Dialysegerät mit einem Dialysatsystem und mit einem Wassereingang, über welchem das Dialysatsystem an eine externe Wasserversorgung anschließbar ist. Insbesondere handelt es sich um ein Dialysegerät für die Hämodialyse und/oder die Hämofiltration.

Solche Dialysegeräte werden üblicherweise am Einsatzort an eine Reinstwasserversorgung angeschlossen, welche das für die Dialyse notwendige Dialysat bzw. Permeat zur Verfügung stellt.

Da der Druck der externen Wasserversorgung, welcher am Wassereingang des Dialysegerätes anliegt, von Einsatzort zu Einsatzort stark schwanken kann, ist bei üblichen Dialysegeräten zwischen dem Wasseranschluss und dem Dialysatsystem ein Druckreduzierer vorgesehen. Figur 1 zeigt ein Prinzipschema eines solchen Dialysegerätes gemäß dem Stand der Technik. Das Dialysegerät 1 weist einen Wassereingang 2 auf, welcher an eine externe Wasserversorgung anschließbar ist und über welchen Wasser in eine Eingangskammer 3 des Dialysatsystems zufließen kann. Zur Anpassung an unterschiedliche Drücke der externen Wasserversorgung ist der Druckreduzierer 4 in der Leitung zwischen dem Wassereingang 2 und

der Eingangskammer 3 vorgesehen. Weiterhin ist ein Eingangsventil 5 in der Leitung angeordnet. Bei Aufstellung am Einsatzort stellt der Servicetechniker mittels des Druckreduzierers den Zulaufdruck in die Eingangskammer des Dialysatsystems auf einen gewünschten Wert ein.

Solche Dialysegeräte haben damit den Nachteil, dass ein Servicetechniker benötigt wird, um den Druckreduzierer am Einsatzort einzustellen. Weiterhin ist eine Anpassung an schwankende Drücke während des Betriebes nicht vorgesehen. Hierdurch wird nicht in allen Fällen ein optimales Betriebsverhalten erreicht. Insbesondere können zu niedrige Zuflüsse zur Eingangskammer dazu führen, dass das Dialysegerät nicht die optimale Performance erreicht. Zu hohe Zuflüsse führen wiederum zu einer zusätzlichen Belastung der Wasserversorgung.

Aufgabe des ersten Aspektes der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein verbessertes Dialysegerät zur Verfügung zu stellen.

Gemäß einem zweiten Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung eine Konstantflussdrossel.

Aus der Druckschrift EP 2 253 352 A1 ist eine Konstantflussdrossel bekannt, welche bei einem Hydrozephalus als Implantat einen konstanten Abfluss von Hirnrückenmarksflüssigkeit in andere Körperöffnungen sicherstellen soll. Die aus dieser Druckschrift bekannte Konstantflussdrossel weist ein flüssigkeitsdurchströmtes Gehäuse auf, welches einen Eingang, eine Drosselöffnung und einen Ausgang umfasst. In dem Gehäuse ist ein Stößel verschiebbar angeordnet, wobei zwischen der Drosselöffnung und dem Stößel ein von der Relativposition zwischen Stößel und Drosselöffnung abhängiger, die Drosselwirkung definierender Drosselkanal verbleibt. In der EP 2 253 352 A1 ist der Drosselkanal schraubenförmig im Umfang des Stößels eingelassen. Wird der Stößel durch einen Differenzdruck zwischen dem Eingang und dem Ausgang des Gehäuses gegen die Kraft einer Feder verschoben, verändert sich die Länge des zwischen Drosselöffnung und Stößel verbleibenden Drosselkanals. Durch eine entsprechende Einstellung der Federkraft

kann die Konstantflussdrossel über ihren Betriebsdruckbereich einen im wesentlichen konstanten Volumenstrom erzeugen. Die aus der EP 2 253 352 A1 bekannte Konstantflussdrossel ist allerdings nur für geringe Flussraten ausgelegt und daher nicht für Dialysemaschinen einsetzbar.

Eine weitere Drossel ist aus der WO 98/38555 A1 bekannt. Hier wird ein Nadel-förmiger Stößel eingesetzt, welcher in Abhängigkeit von einem Differenzdruck relativ zu einer Blende verschoben wird. Die Konstantflussdrossel der WO 98/38555 A1 wird in Bewässerungsanlagen eingesetzt.

Aufgabe des zweiten Aspektes der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine verbesserte Konstantflussdrossel zur Verfügung zu stellen. Bevorzugt soll diese in einer Dialysemaschine einsetzbar sein.

Die oben genannten Aufgaben gemäß dem ersten und zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung werden durch die unabhängigen Ansprüche der vorliegenden Erfindung gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Gemäß dem ersten Aspekt umfasst die vorliegende Erfindung ein Dialysegerät mit einem Dialysatsystem und mit einem Wassereingang, über welchen das Dialysatsystem an eine externe Wasserversorgung anschließbar ist. Insbesondere handelt es sich bei dem Dialysegerät um ein Gerät für die Hämodialyse und/oder die Hämo-filtration. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass zwischen dem Wasseranschluss und dem Dialysatsystem eine Konstantflussdrossel angeordnet ist. Eine solche Konstantflussdrossel verändert in Abhängigkeit von der anliegenden Druckdifferenz ihren Strömungswiderstand so, dass sich über einen vorgegebenen Betriebsbereich ein näherungsweise konstanter, von der Druckdifferenz unabhängiger Fluss ergibt.

Der Einsatz einer solchen Konstantflussdrossel bei einem Dialysegerät hat gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Druckreduzierern den Vorteil, dass

das Dialysatsystem zuverlässig mit einem reproduzierbaren Fluss gefüllt wird. Weiterhin kann auf eine Einstellung durch den Servicetechniker verzichtet werden, da der gewünschte Fluss durch die Konstantflussdrossel vorgegeben werden kann. Weiterhin hat die Konstantflussdrossel den Vorteil, dass auch schwankende Drücke der externen Wasserversorgung keinen Einfluss auf den Fluss haben, mit welchem das Dialysatsystem gefüllt wird. Ein erfindungsgemäßes Dialysegerät kann damit ohne Einstellung durch einen Servicetechniker an unterschiedlichsten externen Wasserversorgungen angeschlossen werden, beispielsweise an einer Reinstwasserringleitung unterschiedlicher Qualität und Last, an einem Reinstwassereinzelpfad, einer Umkehrosmoseanlage etc.

Durch die Konstantflussdrossel ist weiterhin sichergestellt, dass das erfindungsgemäße Dialysegerät durch den korrekten Zufluss seine optimale Performance erreicht. Weiterhin werden unnötige Belastungen der Wasserversorgung verhindert.

Das Dialysatsystem des erfindungsgemäßen Dialysegerätes kann eine Wassereingangskammer aufweisen, welche durch die externe Wasserversorgung mit Wasser gefüllt wird. Bevorzugt ist in diesem Fall die Konstantflussdrossel zwischen dem Wassereingang des Dialysegerätes und der Wassereingangskammer des Dialysatsystems angeordnet.

Die Wassereingangskammer kann weiterhin eine Pegelstandserfassung und/oder ein Eingangsventil aufweisen. Bevorzugt steuert eine Steuerung des Dialysegerätes das Eingangsventil in Abhängigkeit von der Pegelstandserfassung an, um einen gewünschten Pegelstand in der Wassereingangskammer sicherzustellen. Insbesondere kann das Eingangsventil stromabwärts der Konstantflussdrossel angeordnet sein. Insbesondere können die Konstantflussdrossel und das Eingangsventil in einer Leitung, welche den Wasseranschluss mit der Wassereingangskammer verbindet, angeordnet sein. Bei dem Eingangsventil kann es sich um ein Schaltventil handeln. Wird dieses geöffnet, stellt die erfindungsgemäße Konstantflussdrossel sicher, dass die Eingangskammer mit einem reproduzierbaren Fluss gefüllt wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Konstantflussdrossel als passives Flusststeuerungselement ausgebildet. Hierdurch kann auf Sensoren und/oder eine Steuerelektronik verzichtet werden. Insbesondere weist die Konstantflussdrossel ein Drosselement auf, welches von einem an der Konstantflussdrossel anliegenden Differenzdruck gegen die Kraft einer Feder bewegt wird und den Flusswiderstand der Differenzdruckdrossel ändert. Bei dem Drosselement kann es sich insbesondere um einen Stößel handeln, welcher in eine Drosselöffnung verschiebbar ist. Die Drosselöffnung, der Stößel und die Feder sind bevorzugt so ausgelegt, dass sich innerhalb eines Betriebsbereiches von Differenzdrücken ein im wesentlichen konstanter, vom Differenzdruck unabhängiger Fluss durch die Konstantflussdrossel ergibt.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung weist die eingesetzte Konstantflussdrossel folgenden Aufbau auf: Die Konstantflussdrossel weist ein flüssigkeitsdurchströmtes Gehäuse mit einem Eingang, einer Drosselöffnung und einem Ausgang auf. Weiterhin ist ein Stößel vorgesehen, welcher in dem Gehäuse verschiebbar angeordnet ist, wobei zwischen der Drosselöffnung und dem Stößel ein von der Relativposition zwischen Stößel und Drosselöffnung abhängiger, die Drosselwirkung definierender Drosselkanal verbleibt. Weiterhin ist eine Feder vorgesehen, gegen deren Kraft der Stößel durch einen Differenzdruck, der zwischen dem Eingang und dem Ausgang des Gehäuses anliegt, verschoben wird.

Bevorzugt ist die Konstantflussdrossel so ausgestaltet, wie dies im Folgenden noch näher beschrieben wird. Insbesondere kann die Konstantflussdrossel gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung ausgestaltet sein.

Gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung, welcher auf eine Konstantflussdrossel gerichtet ist, umfasst die vorliegende Erfindung in einer ersten Variante eine Konstantflussdrossel mit einem flüssigkeitsdurchströmten Gehäuse, welches einen Eingang, eine Drosselöffnung und einen Ausgang aufweist. Weiterhin ist ein Stößel vorgesehen, welcher in dem Gehäuse verschiebbar angeordnet ist, wobei zwischen der Drosselöffnung und dem Stößel ein von der Relativposition

zwischen Stößel und Drosselöffnung abhängiger, die Drosselwirkung definierender Drosselkanal verbleibt. Weiterhin ist eine Feder vorgesehen, gegen deren Kraft der Stößel durch einen Differenzdruck, welcher zwischen dem Eingang und dem Ausgang des Gehäuses anliegt, verschoben wird. Erfindungsgemäß ist gemäß der ersten Variante vorgesehen, dass sich bei einer Verschiebung des Stößels relativ zur Drosselöffnung der minimale durchströmte Querschnitt des Drosselkanals verändert. Erfindungsgemäß wird damit der minimale durchströmte Querschnitt des Drosselkanals verändert, um den Flusswiderstand der Konstantflussdrossel in Abhängigkeit von einem anliegenden Differenzdruck einzustellen. Dies ermöglicht insbesondere in einem Betriebsbereich mit geringen Differenzdrücken eine verbesserte Performance. Weiterhin sind hierdurch auch höhere Durchflussraten möglich, welche den Einsatz in einem Dialysegerät ermöglichen.

Bevorzugt wird die erfindungsgemäße Konstantflussdrossel in einem Dialysegerät, wie es oben gemäß dem ersten Aspekt beschrieben wurde, eingesetzt. Die erfindungsgemäße Konstantflussdrossel ist jedoch nicht auf den Einsatz in einem Dialysegerät beschränkt, sondern kann beispielsweise in anderen medizinischen Geräten zum Einsatz kommen.

In einer möglichen Ausführungsform kann die Länge des Drosselkanals unabhängig von der Position des Stößels relativ zur Drosselöffnung sein. Insbesondere kann der Stößel in diesem Fall die Drosselöffnung immer komplett durchsetzen. Der Drosselkanal bzw. die Drosselöffnung wirkt in diesem Fall bevorzugt strömungsmechanisch als eine Blende. Insbesondere kann es sich bei der Drosselöffnung um eine schmale Blende handeln.

Alternativ können die Drosselöffnung und der Stößel so ausgestaltet sein, dass sich bei einer Verschiebung des Stößels relativ zur Drosselöffnung sowohl die Länge, als auch der minimale durchströmte Querschnitt des Drosselkanals verändern.

Bevorzugt verändert sich die Länge des Drosselkanals in diesem Fall dadurch, dass der Stößel mit steigendem Differenzdruck weiter in die Drosselöffnung hineingeschoben wird, sodass die Länge der Drosselöffnung, welche von dem Stößel durchsetzt wird, sich in Abhängigkeit von der Position des Stößels und damit von dem Differenzdruck verändert. Der Drosselkanal wird durch den Bereich definiert, in welchem der Stößel die Drosselöffnung durchsetzt.

Bevorzugt sind der Stößel und die Drosselöffnung so ausgestaltet, dass sich der minimale durchströmte Querschnitt des Drosselkanals mit steigendem Differenzdruck verringert. Durch den sich verringernden Querschnitt wird der Flusswiderstand erhöht. Alternativ oder zusätzlich können der Stößel und die Drosselöffnung so ausgestaltet sein, dass sich die Länge des Drosselkanals mit steigendem Differenzdruck vergrößert. Auch hierdurch wird der Flusswiderstand erhöht.

Bevorzugt sind der Stößel, die Drosselöffnung und die Feder so ausgestaltet, dass sich innerhalb eines Betriebsbereiches von möglichen Differenzdrücken ein im wesentlichen konstanter, von dem Differenzdruck unabhängiger Fluss durch die Konstantflussdrossel ergibt. Hierfür sind der Federweg der Feder, der minimale durchströmte Querschnitt des Drosselkanals und gegebenenfalls die Länge des Drosselkanals so aufeinander abgestimmt, dass der Flusswiderstand der Konstantflussdrossel dem Differenzdruck so nachgeführt wird, dass sich ein im wesentlichen konstanter Fluss über den gesamten Betriebsbereich ergibt.

Der sich ändernde minimale durchströmte Querschnitt des Drosselkanals wird bevorzugt dadurch erreicht, dass sich der Querschnitt des Stößels und/oder der Drosselöffnung über den Bereich, in welchem der Stößel bei sich änderndem Differenzdruck in die Drosselöffnung geschoben wird, verändert.

Bevorzugt wird ein Stößel eingesetzt, dessen Querschnittsfläche und/oder Durchmesser sich über den Bereich, mit welchem der Stößel bei sich änderndem Differenzdruck relativ zur Drosselöffnung verschoben wird, verändert.

Bevorzugt wird ein Stößel eingesetzt, dessen Querschnittsfläche und/oder Durchmesser sich in einem ersten Teilbereich in Strömungsrichtung progressiv, d.h. mit ansteigender Rate, verringert. Bevorzugt schließt sich in Strömungsrichtung an den ersten Teilbereich ein Stufenbereich an. Insbesondere können der erste Teilbereich und der Stufenbereich so am Stößel angeordnet sein, dass der Stufenbereich in einem Betriebsbereich mit niedrigeren Differenzdrücken, der erste Teilbereich in einem Betriebsbereich mit größeren Differenzdrücken zum Einsatz kommt.

Der Erfinder der vorliegenden Erfindung hat erkannt, dass durch eine solche Ausgestaltung des Stößels insbesondere im Bereich niedriger Differenzdrücke die Konstantflussdrossel robuster gegenüber Fertigungstoleranzen oder einem initialen Hängenbleiben des Stößels wird.

Insbesondere ermöglicht der erste Teilbereich mit sich progressiv verringernder Querschnittsfläche und/oder Durchmesser eine besonders effektive Anpassung an sich ändernde Differenzdrücke und damit eine hohe Genauigkeit bei der Einstellung des gewünschten Flusses. Der Stufenbereich macht die Drossel dagegen bei niedrigen Differenzdrücken robuster gegenüber Fertigungstoleranzen oder mechanischen Hemmungen.

Bevorzugt ist die Konstantflussdrossel so ausgestaltet, dass der erste Teilbereich in einem Betriebsbereich mit höheren Differenzdrücken, der Stufenbereich in einem Betriebsbereich mit niedrigeren Differenzdrücken wirksam wird, d.h. den minimalen durchströmten Querschnitt verändert.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass sich die Querschnittsfläche und/oder der Durchmesser in dem ersten Teilbereich gemäß einer theoretisch optimalen Kurve verringert. Insbesondere können die Querschnittsfläche und/oder der Durchmesser sich so verringern, dass dies theoretisch zu einem konstanten Fluss über den gesamten ersten Teilbereich führt.

Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Querschnittsfläche und/oder der Durchmesser in dem Stufenbereich von einer theoretisch optimalen Kurve hin zu einer größeren Querschnittsfläche und/oder größeren Durchmessern abweichen. Erfindungsgemäß wird im Stufenbereich damit kein Kurvenverlauf eingesetzt, welcher einen optimal konstanten Fluss sicherstellt. Der Erfinder der vorliegenden Erfindung hat jedoch erkannt, dass gerade in einem Bereich mit geringen Differenzdrücken bereits geringste Abweichungen von der optimalen Kurve zu starken Ausschlägen im Verhalten der Konstantflussdrossel führen. Weiterhin hat der Erfinder erkannt, dass Abweichungen, welche zu einer Vergrößerung des minimal durchströmten Querschnitts führen, stärkere Auswirkungen auf den Fluss haben als Abweichungen, welche zu einer Verringerung des minimal durchströmten Querschnitts führen. Erfindungsgemäß weicht in dem Stufenbereich daher der Verlauf der Querschnittsfläche und/oder des Durchmessers von der theoretisch optimalen Kurve hin zu einer größeren Querschnittsfläche und/oder einem größeren Durchmesser ab, da die Konstantflussdrossel hierdurch robuster gegenüber Fertigungstoleranzen und einer initialen Bewegungshemmung wird.

Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass der Stufenbereich einen Endbereich des Stößels bildet. Weiterhin alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass sich die Querschnittsfläche und/oder der Durchmesser des Stößels in dem Stufenbereich mit kleiner werdender Rate oder überhaupt nicht verringert. Während die Querschnittsfläche und/oder der Durchmesser im ersten Teilbereich also progressiv verringert, verringert er sich im Stufenbereich degressiv oder überhaupt nicht mehr.

Weiterhin kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass der erste Teilbereich in einer differenzdrucklosen Endlage des Stößels vor der Drosselöffnung und/oder der engsten Stelle der Drosselöffnung endet. In der differenzdrucklosen Endlage des Stößels hat der erste Teilbereich daher bevorzugt keinen Einfluss auf die Drossel Eigenschaften und insbesondere keinen Einfluss auf den minimalen durchströmten Querschnitt. Bei der engsten Stelle der Drosselöffnung handelt es sich bevor-

zugt um die Stelle mit der kleinsten Querschnittsfläche und/oder Durchmesser der Drosselöffnung.

Weiterhin kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass sich der Stufenbereich in der differenzdrucklosen Endlage des Stößels teilweise innerhalb der Drosselöffnung und teilweise vor der Drosselöffnung und/oder auf beiden Seiten einer engsten Stelle der Drosselöffnung erstreckt. Der Stufenbereich ist daher in der differenzdrucklosen Endlage des Stößels derjenige Bereich, welcher die Drosseleigenschaften und/oder den minimalen durchströmten Querschnitt definiert.

Weiterhin kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass die Länge des Stufenbereichs weniger als 50% des Verstellweges des Stößels beträgt. Bevorzugt beträgt die Länge des Stufenbereiches weniger als 20% des Verstellweges des Stößels. Der Stufenbereich kommt daher bevorzugt insbesondere nur in einem kleinen Bereich geringer Differenzdrücke zum Einsatz.

Weiterhin kann vorgesehen sein, dass die Länge des ersten Teilbereiches mehr als 50% des Verstellweges des Stößels beträgt, bevorzugt mehr als 80%. Über einen weiten Differenzdruckbereich, insbesondere über einen solchen mit den größeren Differenzdrücken, kommt damit der erste Teilbereich mit der progressiven Verringerung des Durchmessers zum Einsatz.

Bei einer erfindungsgemäßen Konstantflussdrossel gemäß der ersten oder zweiten Variante wird bevorzugt der Stößel durch die Feder bei fehlendem Differenzdruck gegen einen Anschlag gedrückt. Der Anschlag definiert damit die differenzdrucklose Endlage des Stößels.

Bevorzugt kann in dieser Position der Stromfluss durch und/oder an dem Stößel vorbei blockiert sein. Insbesondere kann hierfür eine Dichtung vorgesehen sein. Dies sorgt dafür, dass auch geringe Differenzdrücke zuverlässig zu einer Bewegung des Stößels führen und damit eine initiale Hemmung des Stößels überwinden können, da der Stößel in der differenzdrucklosen Endlage nicht umströmt werden

kann und daher zunächst gegen die Kraft der Feder aus der den Stromfluss blockierenden Stellung bewegt werden muss.

Eine solche Ausgestaltung ist auch unabhängig von der Ausgestaltung der Konstantflussdrossel gemäß der ersten Variante des zweiten Aspektes von Vorteil.

Die vorliegende Erfindung umfasst daher gemäß einer zweiten Variante des zweiten Aspektes eine Konstantflussdrossel für ein Dialysegerät mit einem flüssigkeitsdurchströmten Gehäuse, welches einen Eingang, eine Drosselöffnung und einen Ausgang aufweist. Weiterhin ist ein Stößel vorgesehen, welcher in dem Gehäuse verschiebbar angeordnet ist, wobei zwischen der Drosselöffnung und dem Stößel ein von der Relativposition zwischen Stößel und Drosselöffnung abhängiger, die Drosselwirkung definierender Drosselkanal verbleibt. Weiterhin ist eine Feder vorgesehen, gegen deren Kraft der Stößel durch einen Differenzdruck, welcher zwischen dem Eingang und dem Ausgang des Gehäuses anliegt, verschoben wird. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Stößel bei fehlendem Differenzdruck durch die Feder gegen einen Anschlag gedrückt wird, wobei in dieser Position der Stromfluss durch und/oder an dem Stößel vorbei blockiert wird. Insbesondere erfolgt dies durch eine Dichtung. Eine solche Ausgestaltung ist bei Konstantflussdrosseln, welche für Dialysegeräte einsetzbar wären, nicht bekannt.

Die Blockade des Stromflusses durch und/oder an dem Stößel vorbei erfolgt bevorzugt dadurch, dass der Anschlag eine Dichtgeometrie aufweist, welche gegen ein am Stößel angeordnetes Dichtelement gedrückt wird. Das Dichtelement kann insbesondere aus einem elastomeren Material gefertigt sein. Bei der Dichtgeometrie kann es sich insbesondere um eine Dichtkante und/oder einen Dichtwulst handeln.

Die Ausgestaltung gemäß der zweiten Variante kann zwar unabhängig von der ersten Variante zum Einsatz kommen, bevorzugt wird diese jedoch in Kombination mit den Merkmalen der ersten Variante eingesetzt.

Bevorzugte Ausgestaltungen sämtlicher Varianten der erfindungsgemäßen Konstantflussdrossel werden im Folgenden näher dargestellt:

Bevorzugt sind der Stößel und die Drosselöffnung so ausgestaltet und wirken so zusammen, dass der Drosselkanal zwischen einer Außenseite des Stößels und einer Innenseite der Drosselöffnung verbleibt.

Erfindungsgemäß kann der Stößel stift-förmig ausgeführt sein.

In einer möglichen Ausführungsform kann die Drosselöffnung rohrförmig ausgeführt sein. In diesem Fall wird die Länge des Strömungskanals bevorzugt durch die Länge vorgegeben, mit welcher der Stößel die Drosselöffnung durchsetzt.

In einer alternativen Ausführungsform kann die Drosselöffnung als Blende ausgeführt sein, bspw. als eine schmale Verengung eines Strömungskanals oder als das Ende eines trichterförmig zulaufenden Kanals.

Bevorzugt ist der maximale Durchmesser des Stößels in dem Bereich, in welchem er die Drosselöffnung durchsetzt, kleiner als der minimale Durchmesser der Drosselöffnung in diesem Bereich. In einer möglichen Ausführungsform können der Stößel und/oder die Drosselöffnung rotationssymmetrisch ausgeführt sein. Gegebenenfalls kann der Stößel jedoch auch Stege aufweisen, welche dem minimalen Durchmesser der Drosselöffnung entsprechen und den Stößel in der Drosselöffnung führen.

In einer möglichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die Querschnittsfläche und/oder der Durchmesser der rohrförmigen Drosselöffnung konstant sein. Insbesondere kann es sich um ein Zylinderrohr handeln.

Alternativ oder zusätzlich kann sich die Querschnittsfläche und/oder der Durchmesser der rohrförmigen Drosselöffnung zumindest in einem Teilbereich in Strömungsrichtung vergrößern. Dies erleichtert das Entfernen des Spritzgusswerkzeugs nach

dem Spritzvorgang. Bevorzugt vergrößert sich die Querschnittsfläche und/oder der Durchmesser der rohrförmigen Drosselöffnung über die gesamte Überstreckung um maximal 10%.

In einer möglichen Ausführungsform kann die kleinste Querschnittsfläche und/oder der kleinste Durchmesser der Drosselöffnung an der dem Eingang zugewandten Seite der Drosselöffnung angeordnet sein.

Die rohrförmige Drosselöffnung kann ausgangsseitig ohne Übergang in einen Fluidleitungsabschnitt übergehen. Das Ende der Drosselöffnung wird in diesem Fall durch den Punkt definiert, bis zu welchem der Stift bei maximalem Betriebsdruck verschoben wird. Bei einem sich trichterförmig erweiternden Strömungskanal kann auch nur die schmalste Stelle die Drosselöffnung bilden, wenn nur diese Stelle für die tatsächlich wirksame Drosselung sorgt.

In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung steht der Stößel mit einem Führungsbereich in Verbindung, welcher in einer Führungskammer des Gehäuses verschieblich geführt ist. Der Führungsbereich und der Stößel können einstückig gefertigt sein. Bevorzugt wird der Stößel durch den Führungsabschnitt bei seiner Bewegung innerhalb des Gehäuses geführt

In einer möglichen Ausführungsform kann der Führungsbereich zylinderförmig ausgeführt sein und in einer zylinderförmigen Führungskammer des Gehäuses verschieblich geführt sein. Besonders bevorzugt ist der Führungsbereich und/oder die Führungskammer kreiszylindrisch ausgeführt. Es sind jedoch auch andere Querschnittsformen denkbar.

Bevorzugt wird der Anschlag für den Stößel, gegen welchen dieser im differenzdrucklosen Zustand durch die Feder gedrückt wird, durch ein eingangsseitiges Ende der Führungskammer gebildet, gegen welches der Führungsbereich bei fehlendem Differenzdruck durch die Feder gedrückt wird.

Alternativ oder zusätzlich kann die Führungskammer einen größeren Durchmesser aufweisen als die Drosselöffnung. Insbesondere ist die Querschnittsfläche und/oder der Durchmesser der Führungskammer so groß, dass zwischen dem Stößel und der Führungskammer ein Fluidkanal verbleibt, welcher keine relevante Drosselwirkung aufweist.

Weiterhin alternativ oder zusätzlich kann die Feder in der Führungskammer angeordnet sein. Insbesondere kann die Feder sich zwischen einem ausgangsseitigen Ende der Führungskammer und dem Führungsbereich des Stößels erstrecken. Bevorzugt umgibt die Feder den am Führungsbereich angeordneten Stößel.

Weiterhin alternativ oder zusätzlich kann die Führungskammer zwischen dem Eingang und dem eingangsseitigen Ende der Drosselöffnung angeordnet sein.

Weiterhin alternativ oder zusätzlich kann der Führungsbereich ein oder mehrere durchströmte Öffnungen aufweisen. Bevorzugt kann die Flüssigkeit durch den Stößel ohne eine relevante Drosselwirkung hindurch fließen.

Gemäß der zweiten Variante des zweiten Aspektes kann die Dichtung den Fluidstrom zwischen dem Eingang und der einen oder den mehreren durchströmten Öffnungen in der Position, in welcher der Führungsbereich gegen den Anschlag gedrückt wird, verschließen.

Die erfindungsgemäße Konstantflussdrossel erzeugt wie oben dargestellt über ihrem Betriebsbereich einen im wesentlichen konstanten Fluss. Im wesentlichen konstant im Sinne der vorliegenden Erfindung bedeutet bevorzugt, dass der Fluss über den Betriebsbereich um maximal 30% von einem Maximalwert abweicht, bevorzugt um maximal 10%.

Bevorzugt ist die erfindungsgemäße Konstantflussdrossel so ausgelegt, dass sie in ihrem Betriebsbereich einen im wesentlichen konstanten Fluss zwischen 500

ml/min und 3000 ml/min einstellt, bevorzugt zwischen 1000 ml/min und 1500 ml/min.

Alternativ oder zusätzlich kann der Betriebsdruckbereich der Konstantflusssdrossel Differenzdrücke zwischen 2 bar und 3 bar umfassen. Bevorzugt umfasst der Betriebsdruckbereich der Konstantflusssdrossel Differenzdrücke zwischen 1 bar und 5 bar, weiter bevorzugt zwischen 0,5 bar und 5,5 bar. In einer bevorzugten Ausgestaltung umfasst der Betriebsdruckbereich der Konstantflusssdrossel Differenzdrücke bis zu 0,2 bar.

Weiterhin alternativ oder zusätzlich kann der Betriebsdruckbereich der Konstantflusssdrossel Eingangsdrücke zwischen 2 bar und 4 bar, bevorzugt zwischen 1,5 bar und 6 bar umfassen.

In einer möglichen konstruktiven Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung umfasst das Gehäuse der erfindungsgemäßen Konstantflusssdrossel zwei Teile. Die Teile können insbesondere als Spritzgussteile und/oder aus Kunststoff gefertigt sein.

Bevorzugt sind die beiden Teile des Gehäuses miteinander verschraubt oder verklebt. Alternativ oder zusätzlich kann ein erster Teil eine Führungskammer, die Drosselöffnung und den Ausgang umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann ein zweiter Teil den Eingang und gegebenenfalls eine Dichtstruktur, gegen welche der Stößel bei fehlendem Differenzdruck durch die Feder gedrückt wird, umfassen. Bevorzugt ist auch der Stößel aus Kunststoff und/oder als Spritzgussteil gefertigt.

Der Eingang und/oder der Ausgang des Gehäuses kann rohrförmig ausgestaltet sein, wobei bevorzugt Schläuche an dem rohrförmigen Eingang und/oder Ausgang befestigbar sind.

Die vorliegende Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen sowie Zeichnungen näher beschrieben.

Dabei zeigen:

Figur 1: ein Dialysegerät gemäß dem Stand der Technik;

Figur 2: ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Dialysegerätes gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung;

Figur 3: ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Konstantflussdrossel gemäß der ersten Variante des zweiten Aspektes der vorliegenden Erfindung;

Figur 4: ein Diagramm, welches den minimalen durchströmten Querschnitt des Drosselkanals in Abhängigkeit von einem Differenzdruck bei dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel zeigt;

Figur 5: eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen sich bei einer Verschiebung des Stößels relativ zur Drosselöffnung verändernden minimalen durchströmten Querschnitts des Drosselkanals;

Figur 6: ein Diagramm, welches den Einfluss von Abweichungen der Stößelgeometrie von einer optimalen Sollgeometrie auf den Fluss durch die Konstantflussdrossel bei dem in Figuren 3 und 4 gezeigten Ausführungsbeispiel zeigt;

Figur 7: die Form eines Stößels für eine Konstantflussdrossel gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der ersten Variante des zweiten Aspektes der vorliegenden Erfindung zusammen mit einer schematischen Darstellung des hierdurch erzeugten Flusses in Abhängigkeit von dem Differenzdruck und

Figur 8: ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Konstantflussdrossel, bei welchem die erste und die zweite Variante des zweiten Aspektes in Kombination verwirklicht sind.

Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Dialysegerätes 10. Das Dialysegerät weist einen Wassereingang 11 auf, mit welchem es am Einsatzort an eine externe Wasserversorgung anschließbar ist. Bei der externen Wasserversorgung kann es sich beispielsweise um eine RO-Ringleitung, einen Einzelplatz und/oder eine Umkehrosmoseanlage handeln. Das Dialysegerät weist ein in Figur 2 nur schematisch dargestelltes Dialysatsystem 12 mit einer Eingangskammer 14 auf, welche über den Wassereingang 11 mit Wasser befüllbar ist. Hierfür steht der Wassereingang 11 über eine Leitung 16 mit der Eingangskammer 14 des Dialysatsystems 12 in Verbindung.

In der Leitung 16 zwischen dem Wassereingang 11 und der Eingangskammer 14 des Dialysatsystems ist erfindungsgemäß eine Konstantflussdrossel 13 vorgesehen. Diese ist als passives Stromsteuerelement so aufgebaut, dass sie in Abhängigkeit der Druckdifferenz zwischen dem Wassereingang und der Eingangskammer 14 ihren Flusswiderstand so verändert, dass sich über den gesamten Betriebsbereich ein näherungsweise konstanter Fluss einstellt. Insbesondere ist ein Drosselement vorgesehen, welches durch die anliegende Druckdifferenz zwischen dem Eingang und dem Ausgang der Konstantflussdrossel gegen die Kraft einer Feder verschoben wird und hierdurch den Strömungswiderstand der Konstantflussdrossel verändert. Insbesondere kann es sich bei dem Drosselement um einen Stößel handeln, welcher mit einer Drosselöffnung der Konstantflussdrossel zusammenwirkt.

Der Betriebsdruckbereich der Konstantflussdrossel umfasst im Ausführungsbeispiel Eingangsdrücke zwischen 1,5 bar und 6 bar. Die Konstantflussdrossel ist so ausgelegt, dass sie über den gesamten Betriebsdruckbereich einen im wesentlichen konstanten Fluss zwischen 1000 ml/min und 1500 ml/min einstellt. Ein im wesentlichen

konstanter Fluss im Sinne der vorliegenden Erfindung weicht bevorzugt um nicht mehr als 35% von einem maximalen Fluss ab, bevorzugt um nicht mehr als 20%.

Wie in Figur 2 weiterhin dargestellt, weist die Eingangskammer 14 des Dialysatsystems 12 ein Pegelsensor 17 auf, welcher mit einer Steuerung 18 des Dialysegerätes in Verbindung steht. Weiterhin ist in der Leitung 16 stromabwärts der Konstantflusssdrossel 13 ein Eingangsventil 15 vorgesehen. In Abhängigkeit von den Daten des Pegelstandssensors 17 steuert die Steuerung das Eingangsventil 15 an, um die Eingangskammer 14 zu befüllen. Bevorzugt handelt es sich bei dem Eingangsventil 15 um ein Schaltventil.

In der Leitung 16 ist stromabwärts der Konstantflusssdrossel 13 weiterhin ein Wärmetauscher 19 vorgesehen, über welchen das in die Eingangskammer 14 einfließende Wasser erwärmt werden kann.

Bei dem Dialysegerät handelt es sich bevorzugt um ein Gerät für die Hämodialyse und/oder Hämofiltration. An das Dialysegerät ist daher ein extrakorporaler Blutkreislauf anschließbar, welcher üblicherweise als ein Disposable ausgestaltet ist. In dem extrakorporalen Blutkreislauf ist ein Dialysator angeordnet, welcher zum einen einen Teil des extrakorporalen Blutkreislauf bildet, und zum anderen an das Dialysatsystems des Dialysegerätes angeschlossen ist. Während einer durch das Dialysegerät durchgeführten Dialysebehandlung durchströmen Blut und Dialysat die beiden Hälften des Dialysators, welche über eine Membran voneinander getrennt sind, um so einen Stoffaustausch zwischen Dialysat und Blut zu ermöglichen. Das Dialysegerät kann insbesondere eine Blutpumpe und/oder eine Dialysatpumpe aufweisen, welche von der Steuerung 18 angesteuert werden.

Im Rahmen des erfindungsgemäßen Dialysegerätes können zunächst beliebige Konstantflusssdrosseln eingesetzt werden. Bevorzugt werden jedoch Konstantflusssdrosseln eingesetzt, welche im Folgenden näher beschrieben werden.

Die im Folgenden näher beschriebenen Konstantflussdrosseln können nicht nur für Dialysegeräte, sondern auch in anderen Anwendungen, beispielsweise in anderen medizinischen Geräten, zum Einsatz kommen.

Figur 3 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Konstantflussdrossel. Die Konstantflussdrossel umfasst ein Gehäuse 20 mit einem Eingang 21, einer Führungskammer 22, einer Drosselöffnung 23 und einem Ausgang 24. In dem Gehäuse ist ein Stößel 25 verschieblich angeordnet, welcher mit der Drosselöffnung 23 zusammenwirkt und hierdurch die Drosselwirkung der Konstantflussdrossel erzeugt.

Der Eingang 21 und der Ausgang 24 des Gehäuses sind jeweils rohrförmig aus dem Gehäuse herausgeführt, so dass jeweils eine Schlauchtülle auf den Eingang 21 und den Ausgang 24 aufgeschoben werden kann. Der Eingang 21 und der Ausgang 24 weisen hierfür einen kleineren Außendurchmesser auf als der Mittelteil des Gehäuses. Die Außenflächen des den Eingang 21 bzw. den Ausgang 24 bildenden rohrförmigen Abschnitts weisen jeweils einen zylinderförmigen Abschnitt 35 auf, an welchem eine Schelle angebracht werden kann, sowie einen Wulst 36, welcher nach dem Anbringen der Schelle ein Abziehen der Schlauchtülle verhindert.

Der Stößel ist an einen Führungsbereich 26 angeordnet, welcher in der Führungskammer 22 längs verschieblich geführt ist. Der Führungsbereich hat eine zylinderförmige Außenkontur, welche an der ebenfalls zylinderförmigen Innenkontur der Führungskammer 22 anliegt und an dieser geführt wird.

Die Drosselöffnung wird durch einen rohrförmigen Abschnitt 23 des Gehäuses gebildet, welcher an die Führungskammer 22 anschließt und einen geringeren Durchmesser aufweist als die Führungskammer selbst, und/oder durch die engste Stelle 32 dieses Abschnitts. Der Stößel 25 ist stiftförmig ausgebildet und erstreckt sich axial von dem Führungsbereich 26 zur Drosselöffnung. Je nach Position des Führungsbereiches 26 wird der Stößel unterschiedlich weit in den rohrförmigen Abschnitt hineingeschoben bzw. relativ zu dessen engster Stelle bewegt. Hierdurch

entsteht zwischen der Innenkontur der Drosselöffnung 23 bzw. 32 und der Außenkontur des Stößelements 25 ein von der Relativposition zwischen Stößel und Drosselöffnung abhängiger, die Drosselwirkung definierender Drosselkanal.

In der Führungskammer 22 ist eine Feder 28 angeordnet, welche sich zwischen dem ausgangsseitigen Ende der Führungskammer 22 und dem ausgangsseitigen Ende des Führungsbereiches 26 erstreckt und den Stößel entgegen der Strömungsrichtung vorspannt.

Der Führungsbereich 26 weist im Ausführungsbeispiel mehrere Durchgangsbohrungen 27 auf, durch welche Flüssigkeit im wesentlichen ohne Drosselwirkung hindurchströmen kann. Durch den vergrößerten Querschnitt der Führungskammer 22 hat auch die Führungskammer selbst keine relevante Drosselwirkung. Der Flusswiderstand der Drossel wird daher durch den zwischen der Drosselöffnung 23 bzw. 32 und dem Stößel 25 verbleibenden Drosselkanal definiert.

Im Ausführungsbeispiel ist das Gehäuse 20 aus zwei Elementen 29 und 30 aufgebaut. Das Element 29 umfasst den Ausgang 24, die Drosselführung 23 bzw. 32 und die Führungskammer 22. Das zweite Element 30 umfasst den Eingang 21 sowie einen Anschlagbereich 33, gegen welchen der Führungsbereich 26 des Stößels im Falle eines fehlenden Differenzdruckes durch die Kraft der Feder 28 gedrückt wird. Beide Gehäuseelemente weisen jeweils einen Flanschbereich auf, in welchem diese durch Schrauben 31 miteinander verschraubt sind. Dabei ist ein Dichtungselement 34, im Ausführungsbeispiel ein Dichtungsring, vorgesehen, welches die beiden Gehäuseelemente gegeneinander abdichtet. Die Gehäuseelemente und der Stößel sind bevorzugt als Kunststoff-Spritzgussteile ausgeführt. Bevorzugt ist das erste Gehäuseelement 29 aus einem durchscheinenden und/oder durchsichtigen Material gefertigt, um die Funktion der Konstantflussdrossel auch visuell überprüfen zu können.

Im Ausführungsbeispiel ist der Drosselkanal als ein Ringspalt ausgeführt, welcher zwischen dem Außenumfang des Stößels und dem Innenumfang der Drosselöff-

nung verläuft. Im Ausführungsbeispiel weisen die Drosselöffnung und der Stößel eine rotationssymmetrische Kontur auf und sind koaxial angeordnet.

Die Drosselöffnung 23 kann in einem möglichen Ausführungsbeispiel einen konstanten Durchmesser aufweisen.

Im Ausführungsbeispiel weitet sich der Durchmesser des die Drosselöffnung umfassenden rohrförmigen Abschnitts dagegen trichterförmig in Strömungsrichtung. Die Aufweitung ist jedoch lediglich geringfügig, wobei im Ausführungsbeispiel die Aufweitung der Querschnittsfläche des rohrförmigen Abschnitts über den gesamten Bewegungsbereich des Stößels von der engsten Stelle 32 ausgehend maximal 10% beträgt. Im Ausführungsbeispiel geht der die Drosselöffnung umfassende Abschnitt 23 unmittelbar in den Ausgang 24 der Konstantflussdrossel über.

Die engste Stelle 32, d.h. die Stelle mit der geringsten der Querschnittsfläche bzw. dem geringsten Durchmesser der Drosselöffnung 23, ist im Ausführungsbeispiel an der eingangsseitigen Seite der Drosselöffnung 23 vorgesehen. Diese Stelle definiert daher zusammen mit dem Durchmesser des Stößels 25 an dieser Stelle den minimal durchströmten Querschnitt des Drosselkanals. Trotz der nur geringen Aufweitung des Kanals entsteht in einem möglichen Ausführungsbeispiel die tatsächlich wirksame Drosselung im wesentlichen nur an dieser engsten Stelle 32, so dass nur diese als Drosselöffnung wirkt.

Dabei verändert sich die Querschnittsfläche bzw. der Durchmesser des Stößels in dem Bereich, welcher bei einer Bewegung des Stößels an der engsten Stelle 32 vorbeigeführt wird. Insbesondere verringert sich dabei die Querschnittsfläche bzw. der Durchmesser des Stößels in Strömungsrichtung. Hierdurch hängt der minimale durchströmte Querschnitt des zwischen dem Stößel 25 und der Drosselöffnung 23 verbleibenden Drosselkanals von der Relativposition zwischen Stößel 25 und Drosselöffnung 23 ab.

Erfindungsgemäß wird der Stößel 25 durch eine Druckdifferenz zwischen dem Eingang 21 und dem Ausgang 24 in Strömungsrichtung gegen die Kraft der Feder 28 verschoben. Hierdurch verändert sich der minimale durchströmte Querschnitt des zwischen dem Stößel 25 und der Drosselöffnung 23 verbleibenden Drosselkanals. In einem möglichen Ausführungsbeispiel kann sich auch die Länge des Drosselkanals verändern und ebenfalls zur Beeinflussung der Strömung herangezogen werden. Die Veränderung des Querschnitts und gegebenenfalls der Länge erfolgt so, dass ein näherungsweise konstanter Fluss resultiert.

Bei dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel befindet sich die Spitze des Stößels in der in Figur 3 gezeigten differenzdrucklosen Situation der Konstantflussdrossel im Bereich der engsten Stelle 32 der Drosselöffnung. In dieser Ausgangssituation verhält sich der sehr kurze, zwischen der Spitze des Stößels und der engsten Stelle der Drosselöffnung verbleibende Drosselkanal wie eine Ringspaltblende. Die Durchflussmenge wird durch die Wirkfläche A des Drosselkanals bestimmt, d.h. den minimal durchströmten Querschnitt des Drosselkanals.

Die erfindungsgemäße Konstantflussdrossel ist so konstruiert, dass sich der minimale durchströmte Querschnitt und damit die Wirkfläche A des Drosselkanals in Abhängigkeit der Druckdifferenz verändert. Dies wird durch eine entsprechende Formgebung des Stößels bewirkt.

In Figur 4 ist der minimal durchströmte Querschnitt des Drosselkanals bei dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel in Abhängigkeit von dem Differenzdruck gezeigt. Wie sofort aus Figur 4 ersichtlich, treten bei niedrigen Differenzdrücken die höchsten Änderungen der Querschnittsfläche auf.

Da sich trotz ausreichendem Eingangsdruck durch Flusswiderstände flussabwärts der Konstantflussdrossel wie beispielsweise einen Wärmetauscher niedrige Druckdifferenzen über die Konstantflussdrossel ergeben können, ist dieser Betriebsbereich gerade auch beim Einsatz in einem Dialysegerät relevant.

Der in Figur 4 dargestellte Zusammenhang zwischen der Querschnittsfläche der Konstantflussdrossel und dem Differenzdruck bedingt eine Form des Stößels, bei welcher sich der Durchmesser des Stößels in Strömungsrichtung bzw. in Bewegungsrichtung des Stößels bei steigendem Differenzdruck progressiv verringert. Dies bedeutet, dass sich der Durchmesser verringert, und zwar mit einer in Strömungsrichtung ansteigenden Rate.

Die Zusammenhänge können wie folgt aus der Blendengleichung abgeleitet werden. Gemäß der Blendengleichung ergibt sich folgender Zusammenhang zwischen dem Fluss Q , welcher auf einen konstanten Wert eingestellt werden soll, und der Wirkfläche A der Blende, dem Differenzdruck ΔP zwischen dem Eingangsdruck P_1 und dem Ausgangsdruck P_3 (d.h. $\Delta P = P_1 - P_3$), sowie der Viskosität ρ und einem Koeffizienten α :

$$Q = \alpha A \sqrt{\frac{2}{\rho}(\Delta P)} = \text{const.}$$

Die resultierende Wirkfläche A in Abhängigkeit des Differenzdrucks ΔP erhält man aus der Umstellung der Formel:

$$A = \frac{Q}{\alpha \sqrt{\frac{2}{\rho}(\Delta P)}}$$

Der Differenzdruck wirkt auf die Querschnittsfläche des Stößels im Wirkungsbereich der Konstantflussdrossel, d.h. bei dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel im Bereich der engsten Stelle 32 der Drosselöffnung. Der Stößel wird in Abhängigkeit des Differenzdrucks soweit bewegt, bis sich die Federkraft und die durch den Differenzdruck erzeugte Krafteinwirkung auf den Stößel im Gleichgewicht befinden. Die Position x des Stößels hängt daher wie folgt von der Federsteifigkeit R sowie der Querschnittsfläche A_i des Stößels im Wirkungsbereich ab:

$$x = \frac{F}{R} = \frac{\Delta P * A_i}{R}$$

Wie in Figur 5 schematisch dargestellt, ist die Wirkfläche A die verbleibende Fläche der Drosselöffnung, welche nicht durch den Stößel blockiert wird. Dabei ist A_0 die durch den minimalen Durchmesser d_0 definierte minimale Querschnittsfläche der Drosselöffnung und A_i die durch den Durchmesser d_i des Stößels an der Position x gegebene Querschnittsfläche des Stößels im Bereich der engsten Stelle 32.

Der Durchmesser des Stößels d_i an der Position x ist also durch die Differenz aus dem konstanten Außendurchmesser d_0 der engsten Stelle der Drosselöffnung, welche durch das Gehäuse vorgegeben ist, und der gemäß der obigen Formel notwendigen Blendenfläche gegeben. Dabei gilt für die Wirkfläche A, welche in Formel 1 und 2 zum Einsatz kommt:

$$A = A_0 - A_i = \frac{\pi}{4}(d_0^2 - d_i^2)$$

Hierdurch ergibt sich folgende Abhängigkeit des Durchmessers d_i des Stößels von der Position x :

$$d_i(x) = \sqrt{\frac{4A_0}{\pi} + \frac{Q^2 \rho}{2\alpha^2 \pi R x}} - \frac{2Q}{\alpha \sqrt{\frac{8\pi R x}{\rho}}}$$

Da die durch den Differenzdruck ΔP auf die Fläche A_i wirkende Kraft mit der Position x in einem linearen Zusammenhang steht, ergibt sich für den Verlauf des Durchmessers d_i in Abhängigkeit von der Position x im wesentlichen eine Kurve, welche dem umgekehrten Verlauf der in Figur 4 gezeigten Wirkfläche A entspricht. Damit ändert sich die Blendenfläche auf den ersten Millimetern sehr stark. Dieser Anfangsbereich entspricht dem Betriebspunkt bei wenig Differenzdruck.

Der Erfinder der vorliegenden Erfindung hat nun erkannt, dass Toleranzen des Stößeldurchmessers und der Federlänge in diesem kritischen Bereich zu großen Abweichungen des Flusses führen. Insbesondere wenn die Stößelfläche aufgrund von Fertigungstoleranzen zu gering ist, oder der Stößel beispielsweise durch Haftreibung und/oder eine zu steife oder lange Feder eine zu geringe Strecke zurücklegt, entstehen im niedrigen Differenzdruckbereich zu hohe Durchflüsse. Figur 6 zeigt ein Simulationsergebnis, welches die Abweichung von einem Sollfluss in Abhängigkeit von Toleranzen darstellt.

In Figur 6 ist zu sehen, dass bei Toleranzen in Richtung einer zu großen Blendenfläche die Abweichung im Durchfluss wesentlich dramatischer ausfällt als bei den gleichen Toleranzen in Richtung eines zu kleinen Durchflusses.

Bei den in Figur 7 und 8 dargestellten weiteren Ausführungsbeispielen einer erfindungsgemäßen Konstantflussdrossel sind daher Maßnahmen ergriffen worden, um solche starken Abweichungen in Richtung zu hoher Durchflüsse zu reduzieren und die Konstantflussdrossel damit robuster gegenüber Fertigungstoleranzen und Einflussfaktoren wie Haftreibung etc. zu machen.

Figur 7 zeigt eine alternative Geometrie für die Stößelspitze. Dabei weicht die Geometrie des Stößels im Bereich der Spitze von der oben berechneten Ideallinie der Blendengleichung ab, und zwar in Richtung auf größere Durchmesser. Hierfür wird anstatt der starken Reduzierung des Durchmessers an der Position $x = 0$, d.h. jener Stelle, welche in der differenzdrucklosen Stellung im Bereich der engsten Stelle 32 des Drosselkanals angeordnet ist, konstruktiv eine Stufe 40 vorgesehen, die verhindert, dass der Durchmesser d_i ein gewisses Maß unterschreitet. Das Diagramm in Bild 5 zeigt übertrieben die Auswirkung dieser Stufe bzw. Kante auf den Durchfluss. An den Stufenbereich 40 schließt sich dann ein Bereich 41 an, in welchem der Durchmesser d_i der Ideallinie folgt und damit in Strömungsrichtung, d.h. entgegen des die Position x anzeigenden Pfeiles, progressiv abnimmt. Umgekehrt nimmt der Durchmesser d_i im Bereich 41 in Abhängigkeit von der Position x degressiv zu.

Der Bereich mit der stärksten Veränderung des Durchmessers d_i ist daher jener, welcher unmittelbar an den Stufenbereich 40 anschließt.

Bei den gezeigten Ausführungsbeispielen definiert die Position x die Stelle des Stößels, welche sich im Bereich die Stelle 32 mit dem engsten Durchmesser der Drosselöffnung befindet. Die oben genannten Beziehungen können jedoch alternativ auch in Bezug auf den Eingang der Drosselöffnung definiert werden. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Drosselöffnung einen konstanten Durchmesser aufweist.

Weiterhin wird wie in Figur 8 gezeigt konstruktiv die Gefahr einer ausbleibenden Auslenkung durch Haftreibung oder eine zu steife/ lange Feder verhindert. Hierfür weist der Stößel auf der Rückseite des Führungselementes 26, welcher in der differenzdrucklosen Stellung durch die Feder gegen das eingangsseitige Ende der Führungskammer gedrückt wird, eine Dichtung auf, welche beispielsweise aus einem Elastomer bestehen kann. Das eingangsseitige Ende der Führungskammer wird mit einer Dichtgeometrie 44 ausgestattet, im Ausführungsbeispiel mit einem den Eingang 21 umgebenden Dichtwulst, welcher gegen die Dichtung 43 am Stößel gedrückt wird. Hierdurch wird in der differenzdrucklosen Lage ein Durchströmen der Durchflussbohrungen 27 des Führungsbereiches 26 verhindert, ebenso wie ein Umströmen des Führungsbereiches. Diese Anordnung führt dazu, dass der Stößel bewegt werden muss, um den Durchflussweg freizugeben. Hierdurch wird sichergestellt, dass geringe Druckdifferenzen ausreichen, um die Haftreibung zu überwinden. Ein weiterer Vorteil dieser Anordnung ist, dass die Konstantflussdrossel um eine Rückschlagfunktion ergänzt wurde.

Das Dialysegerät gemäß der vorliegenden Erfindung hat den Vorteil, dass der Zufluss von Wasser in das Dialysesystem des Gerätes automatisch geregelt wird. Eine manuelle Einstellung des Druckes wie aktuell bei Inbetriebnahme ist damit nicht mehr notwendig. Weiterhin wird ein kostengünstiger und einfacher Aufbau gewährleistet. Dabei handelt sich bei der Konstantflussdrossel um ein passives Bauteil, welches wartungsfrei ist.

Die erfindungsgemäßen Konstantflussdrosseln gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung sind für niedrige Differenzdrücke und hohe Flussgenauigkeit optimiert. Weiterhin weist die zweite Variante eine integrierte Rückschlagventilfunktion auf.

Dialysegerät und Konstantflussdrossel

Patentansprüche

1. Dialysegerät, insbesondere für die Hämodialyse und/oder Hämofiltration, mit einem Dialysatsystem und mit einem Wassereingang, über welchen das Dialysatsystem an eine externe Wasserversorgung anschließbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Wasseranschluss und dem Dialysatsystem eine Konstantflussdrossel angeordnet ist.
2. Dialysegerät nach Anspruch 1, wobei die Konstantflussdrossel zwischen dem Wassereingang und einer Wassereingangskammer des Dialysatsystems angeordnet ist, wobei die Wassereingangskammer bevorzugt eine Pegelstandserfassung und/oder ein Eingangsventil aufweist, wobei eine Steuerung des Dialysegerätes bevorzugt das Eingangsventil in Abhängigkeit von der Pegelstandserfassung ansteuert.

3. Dialysegerät nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Konstantflussdrossel als passives Flusststeuerungselement ausgebildet ist und/oder wobei als Konstantflussdrossel eine Konstantflussdrossel nach einem der folgenden Ansprüche eingesetzt wird.
4. Konstantflussdrossel, insbesondere für ein Dialysegerät nach einem der vorangegangenen Ansprüche, mit
 - einem flüssigkeitsdurchströmten Gehäuse, welches einen Eingang, eine Drosselöffnung und einen Ausgang aufweist
 - einem Stößel, welcher in dem Gehäuse verschiebbar angeordnet ist, wobei zwischen der Drosselöffnung und dem Stößel ein von der Relativposition zwischen Stößel und Drosselöffnung abhängiger, die Drosselwirkung definierender Drosselkanal verbleibt, und
 - einer Feder, gegen deren Kraft der Stößel durch einen Differenzdruck zwischen dem Eingang und dem Ausgang des Gehäuses verschoben wird, dadurch gekennzeichnet, dass sich bei einer Verschiebung des Stößels relativ zur Drosselöffnung der minimale durchströmte Querschnitt des Drosselkanals verändert.
5. Konstantflussdrossel nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei sich bei einer Verschiebung des Stößels relativ zur Drosselöffnung sowohl die Länge, als auch der minimale durchströmte Querschnitt des Drosselkanals verändert.
6. Konstantflussdrossel nach Anspruch 4 oder 5, wobei sich der minimale durchströmte Querschnitt des Drosselkanals mit steigendem Differenzdruck verringert und/oder wobei sich die Länge des Drosselkanals mit steigendem Differenzdruck vergrößert.
7. Konstantflussdrossel nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei sich die Querschnittsfläche und/oder der Durchmesser des Stößels in Strömungsrichtung in einem ersten Teilbereich progressiv, d.h. mit ansteigender Rate,

- verringert, wobei sich bevorzugt in Strömungsrichtung an den ersten Teilbereich ein Stufenbereich anschließt.
8. Konstantflussschleuse nach Anspruch 7, wobei sich die Querschnittsfläche und/oder der Durchmesser in dem ersten Teilbereich gemäß einer theoretisch optimalen Kurve verringert und/oder in dem Stufenbereich von einer theoretisch optimalen Kurve hin zu einer größeren Querschnittsfläche und/oder einem größeren Durchmesser abweicht, und/oder wobei der Stufenbereich einen Endbereich des Stößels bildet und/oder wobei sich die Querschnittsfläche und/oder der Durchmesser des Stößels in dem Stufenbereich mit kleiner werdender Rate oder überhaupt nicht verringert.
 9. Konstantflussschleuse nach Anspruch 7 oder 8, wobei der erste Teilbereich in einer differenzdrucklosen Endlage des Stößels vor der Drosselöffnung und/oder einer engsten Stelle der Drosselöffnung endet und/oder wobei sich der Stufenbereich in der differenzdrucklosen Endlage des Stößels teilweise innerhalb der Drosselöffnung und teilweise vor der Drosselöffnung und/oder auf beiden Seiten einer engsten Stelle der Drosselöffnung erstreckt, und/oder wobei die Länge des Stufenbereiches weniger als 50 % des Verstellweges des Stößels beträgt, bevorzugt weniger als 20 %, und/oder wobei die Länge des ersten Teilbereiches mehr als 50 % des Verstellweges des Stößels beträgt, bevorzugt mehr als 80 %.
 10. Konstantflussschleuse nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei der Stößel bei fehlendem Differenzdruck durch die Feder gegen einen Anschlag gedrückt wird, wobei bevorzugt in dieser Position der Stromfluss durch und/oder an dem Stößel vorbei blockiert wird, bevorzugt durch eine Dichtung.
 11. Konstantflussschleuse für ein Dialysegerät nach einem der vorangegangenen Ansprüche, mit

- einem flüssigkeitsdurchströmten Gehäuse, welches einen Eingang, eine Drosselöffnung und einen Ausgang aufweist
 - einem Stößel, welcher in dem Gehäuse verschiebbar angeordnet ist, wobei zwischen der Drosselöffnung und dem Stößel ein von der Relativposition zwischen Stößel und Drosselöffnung abhängiger, die Drosselwirkung definierender Drosselkanal verbleibt, und
 - einer Feder, gegen deren Kraft der Stößel durch einen Differenzdruck zwischen dem Eingang und dem Ausgang des Gehäuses verschoben wird, dadurch gekennzeichnet,
dass der Stößel bei fehlendem Differenzdruck durch die Feder gegen einen Anschlag gedrückt wird, wobei in dieser Position der Stromfluss durch und/oder an dem Stößel vorbei blockiert wird, bevorzugt durch eine Dichtung.
12. Konstantflussdrossel nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Drosselöffnung rohrförmig ausgeführt ist, wobei bevorzugt die Querschnittsfläche und/oder der Durchmesser der rohrförmigen Drosselöffnung konstant ist oder sich zumindest in einem Teilbereich in Strömungsrichtung vergrößert, wobei weiter bevorzugt die kleinste Querschnittsfläche und/oder der kleinste Durchmesser an der dem Eingang zugewandten Seite der Drosselöffnung angeordnet ist, und/oder wobei der Stößel stiftförmig ausgeführt ist.
13. Konstantflussdrossel nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei der Stößel mit einem Führungsbereich in Verbindung steht, welcher in einer Führungskammer des Gehäuses verschieblich geführt ist, wobei der Anschlag für den Stößel bevorzugt durch ein eingangsseitiges Ende der Führungskammer gebildet wird, gegen welches der Führungsbereich bei fehlendem Differenzdruck durch die Feder gedrückt wird, und/oder wobei bevorzugt die Führungskammer einen größeren Durchmesser aufweist als die Drosselöffnung und/oder wobei bevorzugt die Feder in der Führungskammer angeordnet ist, insbesondere zwischen dem Führungsbereich und einem

ausgangsseitigen Ende der Führungskammer und/oder wobei bevorzugt die Führungskammer zwischen dem Eingang und dem eingangsseitigen Ende der Drosselöffnung angeordnet ist und/oder wobei bevorzugt der Führungsbereich eine oder mehrere durchströmte Öffnungen aufweist.

14. Konstantflussdrossel nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Konstantflussdrossel einen im wesentlichen konstanten Fluss zwischen 500 ml/min und 3000 ml/min einstellt, bevorzugt zwischen 1000 ml/min und 1500 ml/min, und/oder wobei der Betriebsdruckbereich der Konstantflussdrossel Differenzdrücke zwischen 2 bar und 3 bar, bevorzugt zwischen 1 bar und 5 bar, weiter bevorzugt zwischen 0,5 bar und 5,5 bar umfasst, und/oder wobei der Betriebsdruckbereich der Konstantflussdrossel Eingangsdrücke zwischen 2 bar und 4 bar, bevorzugt zwischen 1,5 bar und 6 bar umfasst.
15. Konstantflussdrossel nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Gehäuse aus zwei Teilen besteht, welche bevorzugt miteinander verschraubt oder verklebt sind, und/oder wobei bevorzugt ein erster Teil eine Führungskammer, die Drosselöffnung und den Ausgang umfasst und/oder wobei bevorzugt ein zweiter Teil den Eingang und ggf. eine in Dichtstruktur, gegen welche der Stößel bei fehlendem Differenzdruck durch die Feder gedrückt wird, umfasst, und/oder wobei der Eingang und/oder der Ausgang des Gehäuses rohrförmig ausgestaltet ist, wobei bevorzugt ein Schlauch an dem rohrförmigen Eingang und/oder Ausgang befestigbar ist.

FIG. 1

Stand der Technik

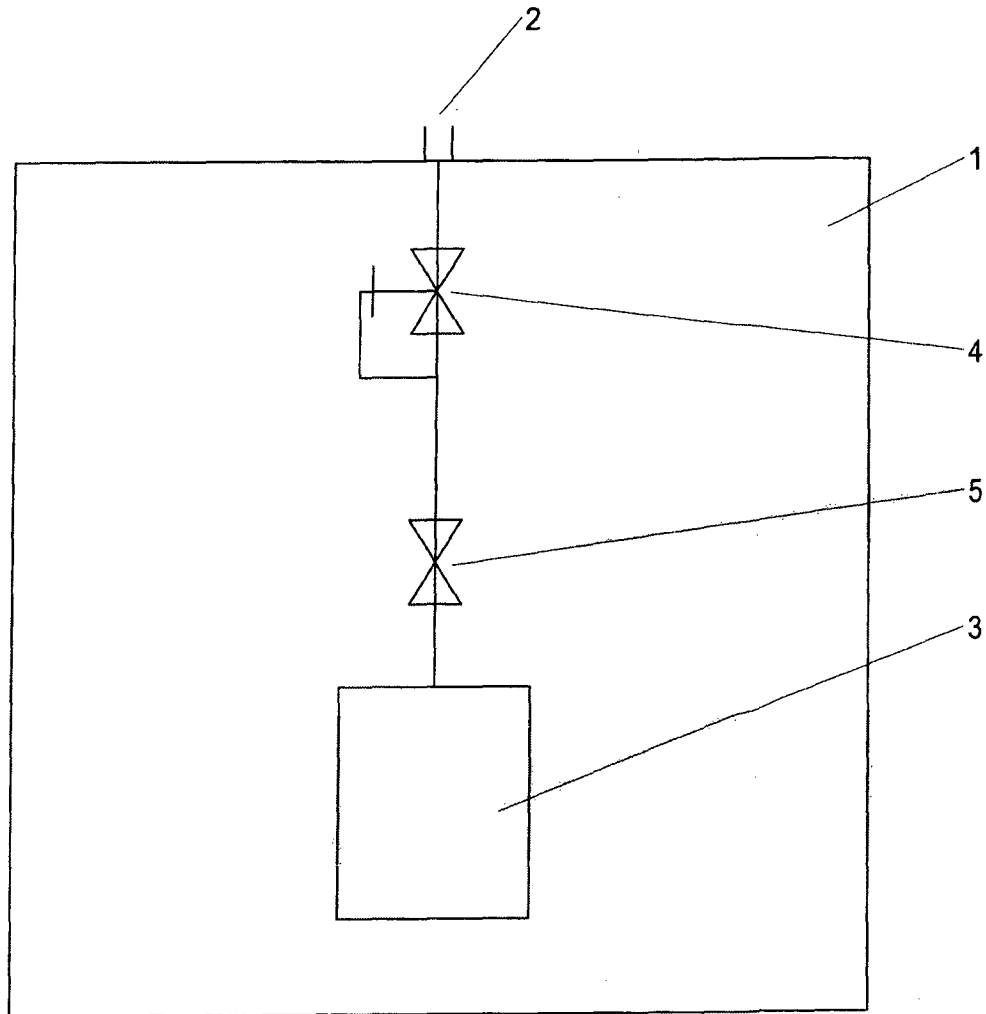


FIG. 2

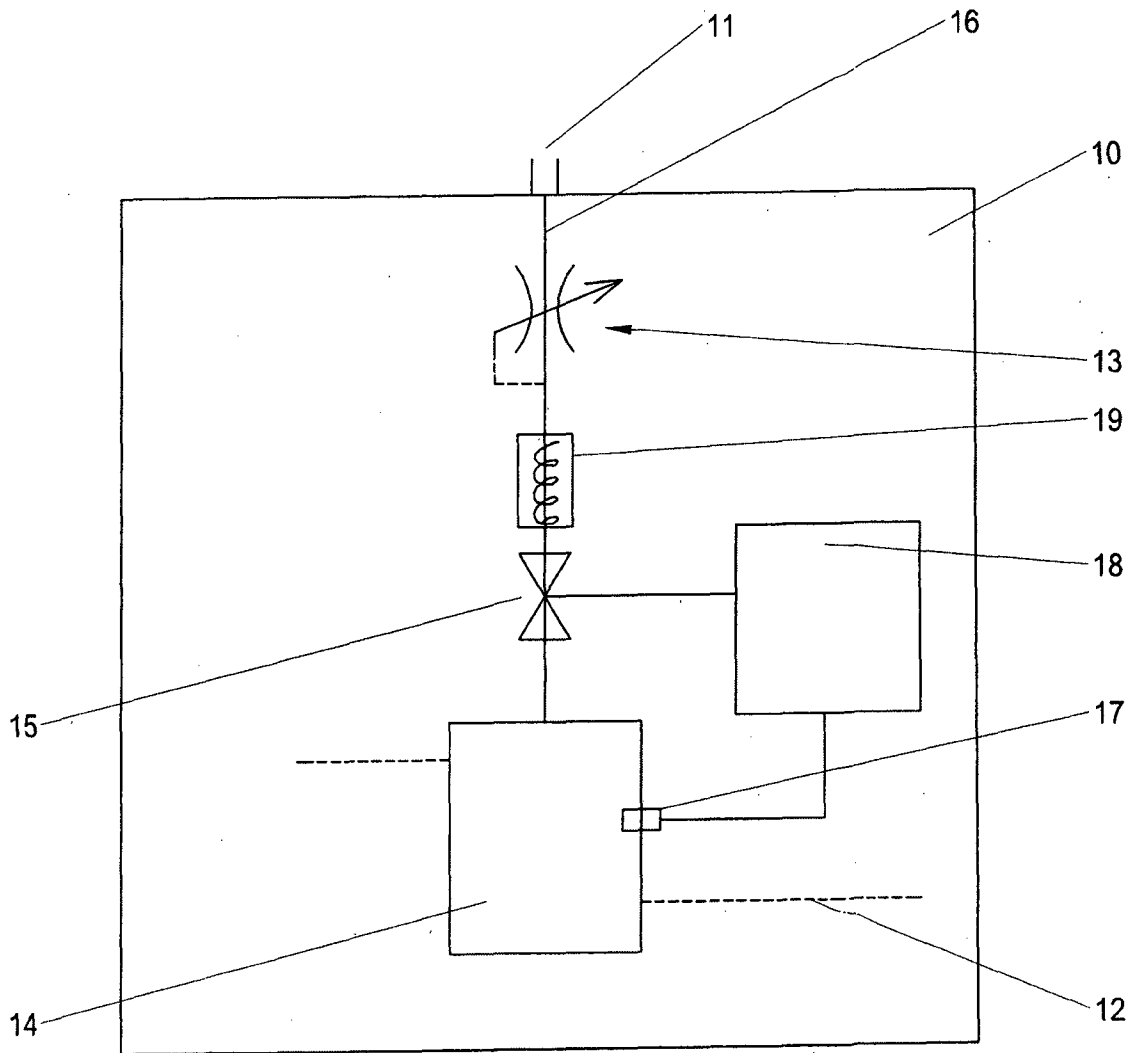


FIG. 3

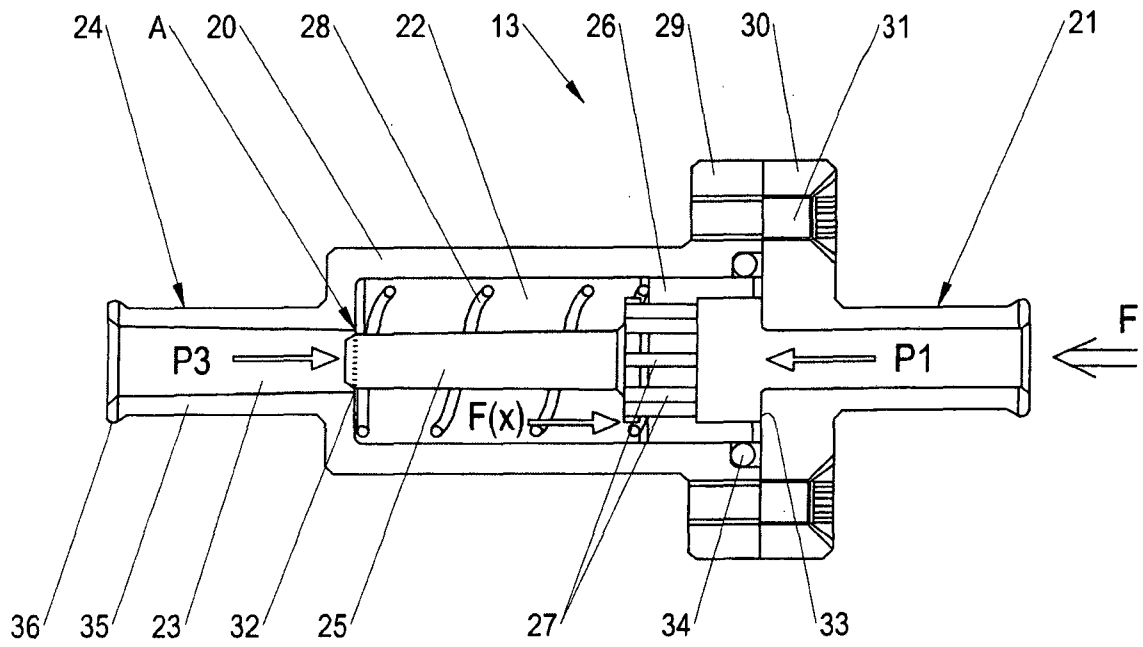


FIG. 4

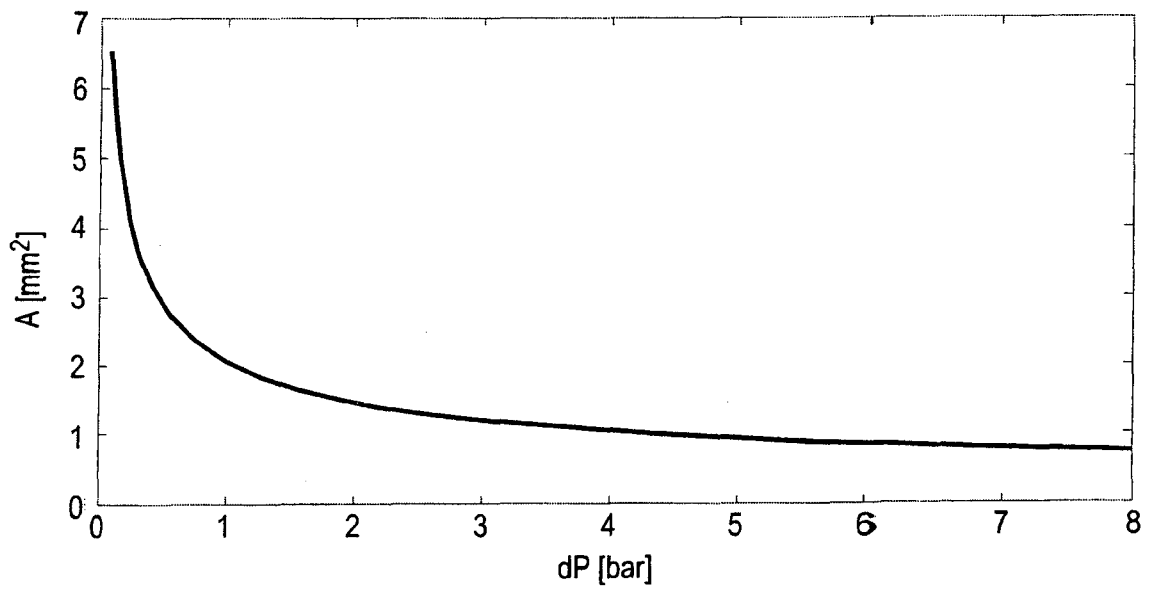


FIG. 5

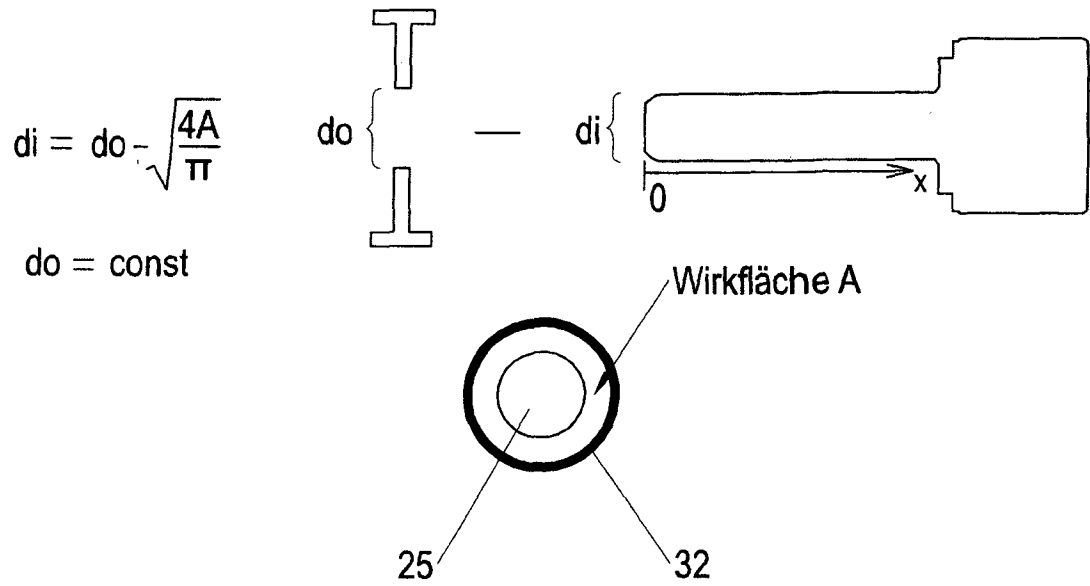


FIG. 6

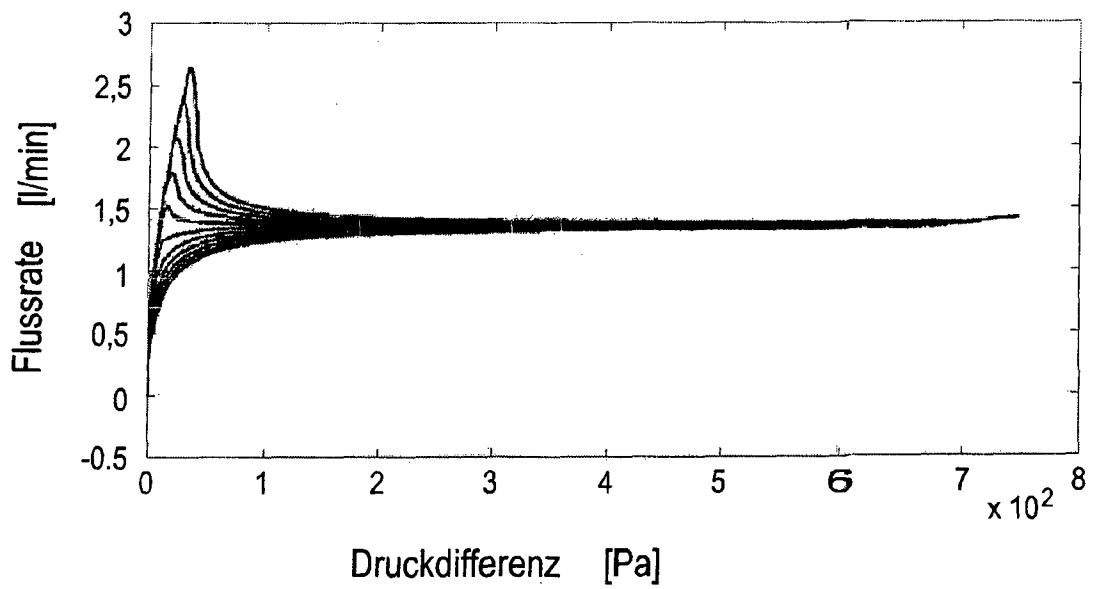


FIG. 7

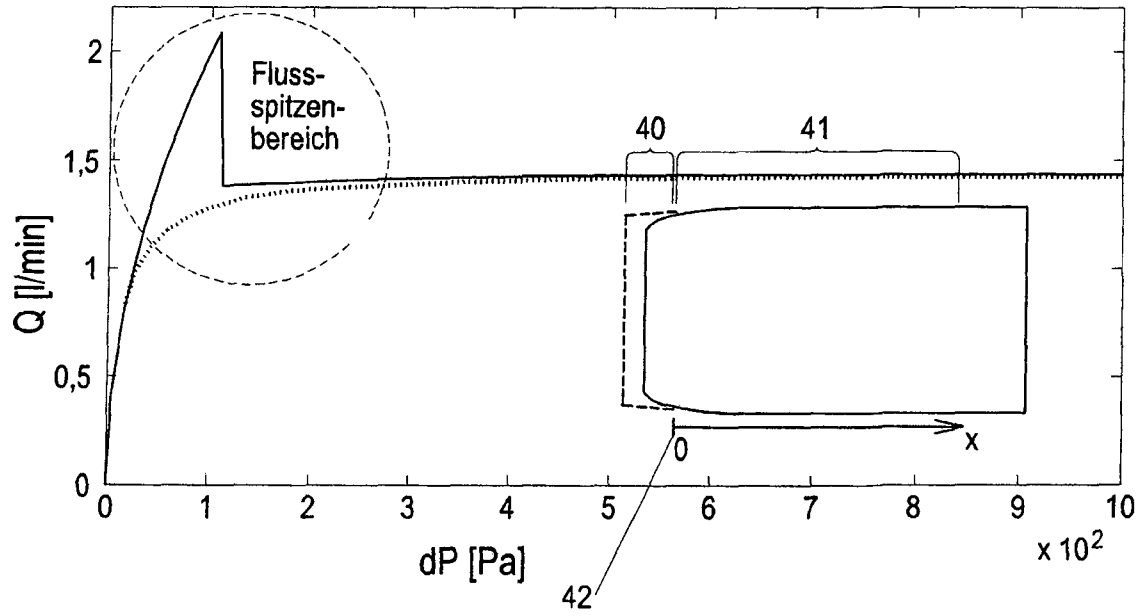


FIG. 8

