

(19)



(11)

EP 1 754 891 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
21.02.2007 Patentblatt 2007/08

(51) Int Cl.:
F04B 49/06 (2006.01) F04B 13/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06119205.0**

(22) Anmeldetag: **18.08.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **ProMinent Dosiertechnik GmbH
69123 Heidelberg (DE)**

(72) Erfinder: **FREUDENBERGER, Thomas
67069, Ludwigshafen (DE)**

(74) Vertreter: **Seiffert, Klaus et al
Weber, Seiffert, Lieke
Postfach 61 45
65051 Wiesbaden (DE)**

(30) Priorität: **19.08.2005 DE 102005039237**

(54) Motordosierpumpe

(57) Die Erfindung betrifft eine Dosierpumpe mit rotierendem Antriebsmotor und oszillierendem Verdränger, bei der die Drehbewegung eines Antriebsmotors durch eine als Getriebe wirkende Anordnung in eine oszillierende Bewegung einer Schubstange umgesetzt wird, so dass ein durch diese betätigtes Verdrängungsorgan bei fortlaufend rotierendem Antriebsmotor eine oszillierende Linearbewegung durchführt, die in einem in der Längsachse der Schubstange angeordneten Dosierkopf in Zusammenwirken mit einem Auslass- und Einlassventil in abwechselnder Folge zu einem Pumphub

(Druckhub) und einem Ansaughub und damit zu einer Förderung des Dosiermediums führt. Bei einer derartigen Dosierpumpe ist mit der Schubstange ein Bezugselement verbunden, dessen Position von einem Positionssensor abgetastet wird, wobei der Positionssensor ein Ist-Signal (x_i) abgibt, welches zur Position des Bezugselements und damit des Verdrängungsorgans in einer festen Beziehung steht und mit dessen Hilfe Kenntnis über den Bewegungsablauf des Verdrängungsorgans gewonnen wird, so daß die elektronische Steuerung der Dosierpumpe auf Betriebszustände des Dosierkreises und der Pumpe reagieren kann.

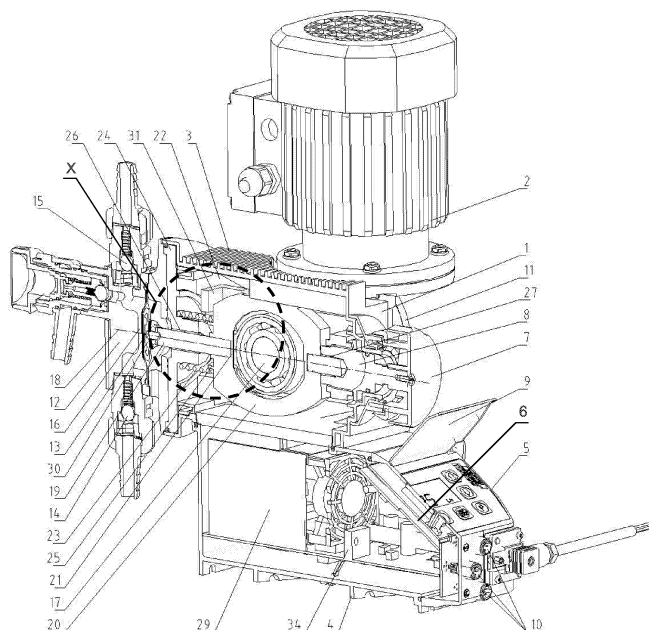


Fig. 1

EP 1 754 891 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Motordosierpumpe gemäß dem Oberbegriff des Anspruch 1.

[0002] Derartige Motordosierpumpen sind allgemein bekannt und werden durch Zusatzeinrichtungen den jeweiligen Anforderungen angepasst. Sie arbeiten nach dem volumetrischen Prinzip, bei dem der Dosiervorgang aus dem Transport eines abgeschlossenen Kammervolumens durch ein Verdrängungsorgan besteht. Das Dosiervolumen pro Hub entspricht dabei der Volumendifferenz bei der Bewegung des Verdrängungsorgans.

[0003] Bei einer solchen Motordosierpumpe wird die im allgemeinen kontinuierliche Drehbewegung eines Antriebsmotors durch eine Getriebeeinheit in eine oszillierende Linearbewegung des Verdrängungsorgans umgesetzt. Die Drehzahl und das Drehmoment des Motors wird in einem Getriebe untersetzt und an die Geschwindigkeit und den Kraftbedarf des Verdrängungsorgans angepasst. Die Abgangswelle des Getriebes treibt eine Vorrichtung zur Umsetzung der Drehbewegung in eine seitliche Auslenkung, d.h. im rechten Winkel zur Drehachse, an, wie z.B. einen Feder-/Nocken- oder einen Exzenterantrieb. Die seitliche Auslenkbewegung betätigt eine Schubstange, die axial verschiebbar in Richtung der Auslenkbewegung in Lagern geführt ist. Diese überträgt die Bewegung und die Kraft auf das Verdrängungsorgan, welches in einem in der Längsachse der Schubstange angeordneten Dosierkopf in Zusammenwirken mit einem Auslass- und Einlassventil in abwechselnder Folge zu einem Pumphub (Druckhub) und einem Ansaughub und damit zu einer Förderung des Dosiermediums führt.

[0004] Unterschiede verschiedener Ausführungsvarianten liegen zum einen in der Art des Motors; üblich sind Asynchronmotoren, Synchronmotoren und Schrittmotoren, die außerhalb oder innerhalb des eigentlichen Pumpengehäuses montiert sind. Weiter unterscheiden sich einzelne Dosierpumpentypen in der Ausführung des Getriebes, das ein Schneckengetriebe, ein Stirnradgetriebe oder ein Riemenantrieb sein kann. Der Antrieb der Schubstange durch die Auslenkvorrichtung kann zwangsgeführt oder auch einseitig formschlüssig nur beim Vorlaufen der Auslenkvorrichtung erfolgen. Die Schubstange wird im Druckhub durch die Auslenkvorrichtung angetrieben, zum Ansaugen hingegen wird sie im letztgenannten Fall durch eine Rückholfeder angetrieben, die sie an die zurücklaufende Auslenkvorrichtung spielfrei anlegt. Die Rückholfeder wird im Druckhub zusammengepresst und ist in ihrer Dimensionierung auf den Kraftbedarf beim Ansaugvorgang hin ausgelegt. Als weiteres Unterscheidungsmerkmal verschiedener Pumpentypen erfolgt die Krafteinkopplung von der Schubstange zu einer Membran als Verdrängungsorgan entweder durch eine starre Verbindung oder durch einen hydraulischen Zwischenkreis. Da die Hydraulikflüssigkeit, üblicherweise Öl, nicht komprimierbar ist, wirkt eine hydraulische Kopplung wie eine starre Verbindung. Neben dem hier beschriebenen System mit einem Dosier-

kopf sind auch Pumpenkonstruktionen bekannt, die mit zwei oder mehreren an einem gemeinsamen Antrieb betriebenen Dosierköpfen arbeiten. Zum einen können als Ausführungsbeispiel beidseitig eines Exzeters zwei gegenüberliegende Schubstangen in einer gemeinsamen Längsachse angeordnet sein, die gegenläufig betrieben werden und jeweils einen Dosierkopf mit einem eigenen Verdrängungsorgan antreiben. Zum anderen arbeitet ein weiteres bekanntes Prinzip mit Mehrfachdosierköpfen mit einer verlängerten Exzenterwelle, die mehrere gemeinsam angetriebene Exzenter trägt, die wiederum jeder für sich eine zugeordnete Einheit aus quer zur Exzenterachse angeordneter Schubstange und in Richtung der Schubstangenachse liegendem Dosierkopf mit Verdrängungsorgan antreibt.

[0005] Alle beweglichen Teile sind im einfachen Fall in einem gemeinsamen Pumpengehäuse durch Kugel- oder Gleitlager gelagert, in anderen Ausführungen sind einzelne Funktionsgruppen in weiteren Gehäuse- oder Montageteilen, die teilweise auch ölfüllt sind, zu Funktionsgruppen zusammengefasst und als Baueinheiten montiert. Ein Beispiel hierfür wäre eine außerhalb des Pumpengehäuses montierte Einheit aus Motor und Untersetzungsgetriebe mit Montageflansch und bereits untersetzter Abgangswelle.

[0006] Im einfachen Fall wird der Antriebsmotor für eine fortlaufende Dosierung kontinuierlich oder zum Ausführen einzelner Dosierhübe für eine bestimmte Zeit eingeschaltet. Andere Ausführungen steuern den Antriebsmotor über einen Frequenzumrichter nach einem vorgegebenen zeitlichen Profil an, wodurch die Motordrehzahl und damit die Dosierleistung besser reproduzierbar und unabhängig von elektrischen Parametern wie z.B. der Frequenz oder der aktuellen Höhe der Netzspannung wird.

[0007] Die Motordrehzahl wird durch die elektrische Frequenz der Motoransteuerung vorgegeben und bestimmt zusammen mit der Getriebeuntersetzung und der Getriebecharakteristik, die bei einem Exzentergetriebe sinusförmig ist, die Zeitdauer eines jeden Hubs. Bei kontinuierlicher Ansteuerung ergibt sich die Zeitdauer pro Hub aus der effektiven Motordrehzahl im Belastungszustand und der Getriebeuntersetzung. Im sogenannten Ein-/Ausschaltbetrieb, bei dem Einzelhübe oder Hubpakete abgearbeitet werden, zwischen denen der Motor definiert, z.B. im Ansaugtotpunkt, angehalten wird, kommen Anlauf- und Bremszeiten hinzu und verlängern die Zeitdauer pro Hub entsprechend. Die Hubfrequenz wird im kontinuierlichen Betrieb durch die Zeitdauer pro Hub bzw. im Ein-/Ausschaltbetrieb durch die Folgefrequenz der Motoreinschaltungen vorgegeben, die natürlich nicht häufiger erfolgen können, als es die benötigte Zeit zum Ausführen eines Hubs vorgibt.

[0008] Die Hublänge kann durch Begrenzung der seitlichen Auslenkung eingestellt werden. Dies kann zum einen durch Verstellen einer Exzentrizität geschehen, z.B. durch Verwendung sogenannter Taumelzylinder, die auf der Basis zweier gegeneinander verdrehbarer

schiefer Ebenen arbeiten. Zum anderen ist als weitere Möglichkeit ein verstellbarer Anschlag üblich, der bei nicht zwangsgeführten Auslenkssystemen einsetzbar ist. Dieser Anschlag in Form einer mechanisch verstellbaren Spindel begrenzt bei entsprechender Einstellung die Rückwärtsbewegung der Schubstange beim Ansaugen auf eine einstellbare Position vor Erreichen des hinteren Totpunkts der Auslenkvorrichtung. Durch den Anschlag wird der Startpunkt der Hubbewegung vorgegeben; die Endlage ergibt sich bei vollständig ausgeführter Auslenkbewegung. Eine mögliche Ausführung ist, einen Hubverstellbolzen mit von der Gerätebedienseite zugänglichem Drehknopf und Skala in ein Gewinde des Pumpengehäuses einzuschrauben, der den Anschlag für die Schubstange beim Ansaugen darstellt. Bei hydraulischen Systemen wird die Hubverstellung z.B. durch eine verschiebbare Muffe realisiert, deren Position durch einen von der Gerätebedienseite zugänglichen Drehknopf mit Skala einstellbar ist, der in einem Gewinde des Pumpengehäuses eingeschraubt ist. Die Muffe deckt eine Bypassbohrung in der Schubstange ab, die nach Abfahren eines bestimmten Wegs einen Nebenschluss des Ölkreislaufs freigibt und so die Kraftkopplung von der Schubstange zur Membran aufhebt.

[0009] Der Bewegungsablauf des Verdrängungsorgans ergibt sich aus dem Zusammenspiel der Getriebe- und sonstigen mechanischen Komponenten. Während der Vorwärtsbewegung arbeitet der Antrieb gegen die durch das Verdrängungsorgan und die (fallweise vorhandene) Rückholfeder auf die Schubstange wirkende Kraft. Während der Rückwärtsbewegung wird die Schubstange bei zwangsgeführtem Auslenkssystem ebenfalls durch den Antrieb zurückgezogen, bei einseitiger Betätigung drückt die Rückholfeder die Schubstange zurück und bringt dabei die Kraft für das Ansaugen des Dosiermediums auf. Die Bewegung der Schubstange folgt dabei der Charakteristik der Auslenkvorrichtung; bei einem Exzenter ist dies z.B. ein sinusförmiger Verlauf, der bei voller Hublänge zwischen den beiden Totpunkten des Exzenterhubs liegt. Im Betrieb mit reduzierter Hublänge ist die Bewegung bei Verstellung einer Exzentrizität weiterhin rein sinusförmig mit reduzierter Amplitude, bei starr gekoppelten Systemen mit verstellbarem Anschlag bzw. hydraulischen Systemen mit Bypassbohrung bleibt der ursprüngliche Bewegungsablauf und die Amplitude der Auslenkvorrichtung erhalten, wird jedoch nicht mehr vollständig ausgeführt; vielmehr ist die Schubstangenbewegung je nach eingestellter Hublänge und Kopplungssystem im Anfangs- bzw. im Endbereich abgeschnitten (Phasenanschnitt). Die Vorwärtsbewegung zur Ausführung des Druckhubs spielt sich je nach Ansteuerung des Motors in einem Zeitbereich deutlich unterhalb einer Sekunde ab (z.B. im Bereich um 200ms), der Ansaughub erfolgt ebenfalls nach einem durch die Auslenkvorrichtung vorgegebenen Verlauf innerhalb ähnlicher Zeit wie der Druckhub. Daraus resultieren in beiden Hubphasen relativ hohe Momentangeschwindigkeiten des Dosiermediums; bei einem Exzenterantrieb liegt das Maximum

jeweils etwa auf halber Strecke der Bewegung.

[0010] Bei Ausführungen, bei denen mehrere Einheiten, bestehend aus Schubstange und Dosierkopf, von einer gemeinsamen, mit mehreren Exzentern arbeitenden Exzenterwelle angetrieben werden, können diese Exzenter phasenversetzt auf der Welle angeordnet sein, um den jeweiligen Spitzenkraftbedarf der einzelnen Dosierköpfe zeitlich auf eine volle Drehung der Exzenterwelle zu verteilen und so die zur Verfügung stehende Motorkraft optimal auszunützen.

[0011] Bestimmte Ausführungen, sog. Membrandosierpumpen, haben als Verdrängungsorgan eine teilflexible Membran. Diese ist nicht starr, sondern verformt sich im Walkbereich elastisch um einen bestimmten Betrag, wenn der Druck des Dosiermediums auf sie einwirkt. Der Betrag dieser Verformung, die in einem ersten, für die Dosierung ungenutzten Teil der Hubbewegung aufgebaut wird, geht der effektiv ausgeführten Hubbewegung verloren und führt dazu, dass die Dosiermenge bei zunehmendem Arbeitsdruck abnimmt. Diese fallende Charakteristik ist in normalen Anwendungen deutlich stärker ausgeprägt als es die geforderte Dosiergenauigkeit zulassen würde. Motordosierpumpen können daher üblicherweise nicht in einer allgemeinen Einstellung über einen weiten Bereich des Arbeitsdrucks mit der gewünschten Genauigkeit betrieben werden; vielmehr wird der auftretende Fehler durch eine Kalibriermessung erfasst und in die weiteren Berechnungen mit einbezogen. Diese Kalibriermessung muss jedoch in der konkreten Anwendung unter realen Arbeitsbedingungen erfolgen und ist insbesondere in Verbindung mit aggressiven Chemikalien ein Arbeitsschritt, der erheblichen Aufwand mit sich bringt.

[0012] Derzeit allgemein übliche Motordosierpumpen sind zwar leistungsfähig und weisen für viele Prozesse günstige Dosiereigenschaften auf, haben aber dennoch Nachteile in bezug auf die hydraulischen Eigenschaften des Dosiervorgangs gegenüber dem wünschenswerten Idealzustand. Als Beispiel seien hier die relativ starke Abhängigkeit der dosierten Menge vom Arbeitsdruck des Dosierkreislaufs und Nachteile wie Fließgeräusche bzw. Druckverluste durch hohe momentane Strömungsgeschwindigkeiten des Dosiermediums genannt.

[0013] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist insbesondere, die bekannten Nachteile in bezug auf die hydraulischen Eigenschaften des Dosiervorgangs zu beseitigen und dadurch einen variablen, größeren Einsatzbereich der Motordosierpumpen zu erzielen, ohne deren Herstellungsaufwand negativ zu beeinflussen. Weiterhin soll der Bewegungsvorgang der Schubstange und des damit verbundenen Verdrängungsorgans so den Soll-Angaben angepasst werden, dass sowohl der Dosiervorgang selbst einstellbar ist, als auch die durch Fertigungstechnik oder nachteilige Eigenschaften von Bauteilen (z.B. der elastischen Membran, falls vorhanden) entstehenden Fehler durch die elektronische Steuerung berücksichtigbar und behebbar sind. Durch diese Maßnahmen soll die exakte Dosierung eines vorgegebenen Vo-

lumen eines Dosiermediums bei einem Dosiervorgang durch Vermeidung bzw. Erkennung fehlerhafter Betriebszustände sichergestellt werden und Fertigungs- und/oder in der Nutzung auftretende Ungenauigkeiten durch die eingesetzte Elektronik ausgleichbar sein.

[0014] Die Lösung der Aufgabe besteht darin, dass mit der Schubstange ein Bezugselement verbunden ist, dessen Position von einem Positionssensor abgetastet wird, wobei der Positionssensor ein Ist-Signal (x_i) abgibt, welches zur Position des Bezugselements und damit des Verdrängungsorgans in einer festen Beziehung steht und mit dessen Hilfe Kenntnis über den Bewegungsablauf des Verdrängungsorgans gewonnen wird, so dass die elektronische Steuerung der Dosierpumpe auf Betriebszustände des Dosierkreises und der Pumpe reagieren kann.

[0015] Mit Hilfe des Positionssensors wird die Bewegung der Schubstange erfasst und durch die elektronische Steuerung ausgewertet. Hierzu untersucht die Steuerung ausgehend von den Rahmenbedingungen den Bewegungsablauf auf jeweils charakteristische Merkmale und reagiert darauf mithilfe einer Beeinflussung der Motoransteuerung so, dass die Dosierung der Vorgabe möglichst gut folgt und die sonst z.B. durch die Eigenschaften der Membran entstehenden Ungenauigkeiten eliminiert werden.

[0016] Arbeitet der Positionssensor nach einem berührungsfreien Prinzip, wird ein verschleißfreier Betrieb des Sensors sichergestellt, was angesichts der hohen Anzahl von Hüben während der Lebensdauer einer Dosierpumpe vorteilhaft und letztlich erforderlich ist.

[0017] Ist das mit der Schubstange verbundene Positionselement außerhalb des Dosierkopfes angeordnet, wird damit eine größere Flexibilität bezüglich des Montagebereichs für den Positionssensor erreicht.

[0018] Beeinflusst das Bezugselement den Strahlengang einer Lichtquelle und arbeitet der mit ihm zusammenwirkende Positionssensor, der im Pumpengehäuse oder an einem sonstigen ruhenden Teil fest angeordnet ist, nach einem lichtempfindlichen Empfängerprinzip, ist zum einen ein verschleißfreier Betrieb sichergestellt, wie er angesichts der hohen Anzahl von Hüben während der Lebensdauer einer Dosierpumpe unerlässlich ist, und die bewegten Teile werden berührungsfrei abgetastet. Ein weiterer Vorteil dieser Anordnung ist, dass eine derartige Ausbildung eines Positionssensors prinzipiell unempfindlich gegenüber magnetischen Streufeldern ist.

[0019] Ist das Bezugselement ein Schattenkörper bzw. eine schattengebende Kontur und besteht der mit ihm zusammenwirkende Positionssensor, der im Pumpengehäuse oder an einem sonstigen ruhenden Teil fest angeordnet ist, aus einer Reihe lichtempfindlicher ladungsgekoppelter Empfängerzellen (sog. CCD-Zellen; charge coupled device), hat eine derartige Anordnung auf optischer Basis wichtige Eigenschaften, die der Positionssensor erfüllen muss. Zum einen arbeitet die Anordnung aufgrund des optischen Funktionsprinzips verschleißfrei und ist unempfindlich gegenüber magneti-

schen Streufeldern, zum anderen weist ein derartig ausgebildeter Sensor praktisch keinen Linearitätsfehler auf.

[0020] Ist der Positionssensor weiterhin auf einem eigenen Sensorträger angeordnet, der mit dem Pumpengehäuse oder einem sonstigen ruhenden Teil fest verbunden ist, kann eine solche Anordnung als Baueinheit vormontiert und geprüft werden und erleichtert so die Montage. Wird der Sensorträger als Teil aus nicht leitendem Kunststoff ausgeführt, wird dadurch zusätzlich die elektrische Isolation der Sensorbauteile gegen metallische Teile des Gehäuses bzw. des Getriebes vereinfacht.

[0021] Stellen die Lichtquelle, der Schattenkörper bzw. die schattengebende Kontur und der Empfänger eine lichtschränkenähnliche Anordnung dar und werden die Messwerte kontinuierlich oder taktweise der elektronischen Steuerung zugeführt, stellt eine solche Anordnung der elektronischen Steuerung mit einer den Anforderungen gerechten Geschwindigkeit die Positionsdaten zur Verfügung.

[0022] Besteht der optische Empfänger des Positionssensor aus einer Anzahl linear angeordneter Empfänger (Pixels), vorzugsweise 128 Pixels, so kann eine solche Anordnung auf einfache Weise die Position durch Auszählen der Schattengrenze zwischen beleuchteten und unbeleuchteten Zellen ermitteln und erreicht bereits mit dieser einfachen Methode eine Auflösung entsprechend dem Abstand der Zellen des verwendeten Empfängerbausteins.

[0023] Ist die Lichtquelle eine Leuchtdiode (LED), die so gegenüber dem optischen Empfänger des Positionssensor angeordnet ist, dass deren Lichtstrahlenbündel auf dem direkten Weg zum Empfänger durch die Schubstange nicht behindert wird, hat dies den Vorteil, dass die preiswerte LED einen annähernd punktförmigen Leuchtfleck besitzt, der für eine hohe optische Auflösung unerlässlich ist, und praktisch eine nahezu unendliche Lebensdauer aufweist. Die Anordnung gegenüber dem Positionssensor an der Schubstange vorbei ergibt einen großen Abstand zwischen Lichtquelle und Empfänger, der den Projektionswinkel des relevanten Lichtstrahls relativ unabhängig von der Montageposition der Elemente macht.

[0024] Wird der Ausgangswert des Positionssensors durch Interpolation der Helligkeitswerte mehrerer im Schattenübergangsbereich liegender Pixels gebildet, so wird für das Ausgangssignal des Positionssensors eine feinere Auflösung erreicht, als sie durch das mechanische Raster der Zellen des CCD-Empfängers vorgegeben ist.

[0025] Werden bei der Verarbeitung der Signale des Positionssensors Filtermaßnahmen eingesetzt, so wird die Störimmunität des Positionssensors verbessert.

[0026] Die Empfindlichkeit des Positionssensors gegenüber Montageabweichungen und mechanische Verschiebungen während des Betriebs, z.B. durch Erwärmung oder Lagerverschleiß, wird verringert, wenn Nulllagefehler des Positionssensors mittels eines Referenz-

speichers bzw. Skalierungsfehler des Positionssensors durch Anfahren einer oder mehrerer Referenzpositionen eliminiert werden.

[0027] Werden Belichtungsschwankungen des Positionssensors durch eine Steuerung oder Regelung der Lichtquelle anhand der gewonnenen Helligkeitswerte der Pixels ausgeglichen, verringert dies die Empfindlichkeit des Positionssensors gegenüber Schwankungen von Bauteileparametern.

[0028] Werden Helligkeitsschwankungen zwischen einzelnen Pixels des optischen Empfängers durch Einbeziehen eines Referenzspeichers für die Empfindlichkeit jedes Pixels kompensiert, verringert dies die Auswirkungen von Verschmutzungen des optischen Empfängers.

[0029] Erfolgt die Erkennung, auf welchen Wert das Hubverstellorgan eingestellt ist, durch Messung während der Dosierung unmittelbar über den Positionssensor, kann der ansonsten zusätzlich notwendige Sensor für die mechanische Stellung der zugehörigen Einstellelemente entfallen.

[0030] Erkennt die elektronische Steuerung durch Auswertung des Positionssensorsignals eine Blockade des Verdrängungsorgans bzw. einen unvollständig ausgeführten Hub, erhöht dies die Zuverlässigkeit der Dosierung. Bei Dosierpumpen herkömmlicher Bauart ohne Positionssensor werden oft Sensoren eingesetzt, die zur Überwachung der Dosierbewegung z.B. beim Passieren einer Referenzmarke pro Hub einen Rückmeldeimpuls an die elektronische Steuerung abgeben, woraus die Hubperiodendauer gemessen und ein störungsfreier Ablauf des Dosiervorgangs abgeleitet werden kann. Gegenüber solchen Sensoren hat die beschriebene Verwendung eines Positionssensors den Vorteil, dass die gewünschte Information zu jedem Zeitpunkt des Dosierhubs vorliegt, und nicht nur beim Passieren der Referenzmarke, so dass solche zusätzlichen Sensoren ohne Nachteil entfallen können.

[0031] Arbeitet der Antriebsmotor nach einem schlupf-behafteten Prinzip, indem z.B. ein Asynchronmotor eingesetzt wird, und ermittelt die elektronische Steuerung aus der durch die Ansteuerung vorgegebenen Solldrehzahl des Antriebsmotors und der bekannten Getriebecharakteristik eine Sollhubfrequenz bzw. eine Sollhubperiode für das Verdrängungsorgan und erfasst sie zusätzlich durch Auswertung des Positionssensorsignals die tatsächliche Hubfrequenz bzw. die tatsächliche Hubperiode des Verdrängungsorgans, wobei sie durch Vergleich der tatsächlichen Hubfrequenz mit der Sollhubfrequenz bzw. der tatsächlichen Hubperiode mit der Sollhubperiode des Verdrängungsorgans den Schlupf des Antriebsmotors errechnet und dessen Solldrehzahl so verändert, dass sich das Verdrängungsorgan letztendlich mit der gewünschten Hubfrequenz bewegt, verbessert dies die Genauigkeit der Dosierung durch Eliminieren des Fehlers in der Hubfrequenz, der durch den Schlupf des Antriebsmotors hervorgerufen würde. Bei Dosierpumpen herkömmlicher Bauart ohne Positions-

sensor werden oft Sensoren eingesetzt, die zur Überwachung der Dosierbewegung z.B. beim Passieren einer Referenzmarke pro Hub einen Rückmeldeimpuls an die elektronische Steuerung abgeben, woraus ebenfalls die Hubperiodendauer gemessen und korrigiert werden kann; solche zusätzlichen Sensoren können bei Verwendung eines Positionssensors entfallen.

[0032] Arbeitet der Antriebsmotor nach einem schlupf-behafteten Prinzip, indem z.B. ein Asynchronmotor eingesetzt wird, und ermittelt die elektronische Steuerung aus der durch die Ansteuerung vorgegebenen Solldrehzahl des Antriebsmotors und der bekannten Getriebecharakteristik eine Sollhubfrequenz bzw. eine Sollhubperiode für das Verdrängungsorgan und erfasst zusätzlich durch Auswertung des Positionssensorsignals die tatsächliche Hubfrequenz bzw. die tatsächliche Hubperiode des Verdrängungsorgans, wobei sie durch Vergleich der tatsächlichen Hubfrequenz mit der Sollhubfrequenz bzw. der tatsächlichen Hubperiode mit der Sollhubperiode des Verdrängungsorgans den Schlupf des Antriebsmotors errechnet und ermittelt weiter die elektronische Steuerung aus dem so ermittelten Schlupf des Antriebsmotors und der bekannten Getriebecharakteristik die auf das Verdrängungsorgan wirkende Kraft und nimmt so einen Rückschluss auf den Arbeitsdruck des Dosiermediums vor, können mit dieser Information Überwachungs- und Kompensationsfunktionen realisiert werden, die die Zuverlässigkeit sowie die Genauigkeit der Dosierung verbessern. Ermittelt die elektronische Steuerung aus der durch die Ansteuerung vorgegebenen Solldrehzahl des Antriebsmotors und der bekannten Getriebecharakteristik für jeden Moment des Dosiervorgangs eine Sollgeschwindigkeit für das Verdrängungsorgan und erfasst sie zusätzlich durch Auswertung des Positionssensorsignals die tatsächliche Geschwindigkeit des Verdrängungsorgans, wobei sie durch Vergleich der tatsächlichen Momentangeschwindigkeit mit der Sollgeschwindigkeit des Verdrängungsorgans den momentanen Schlupf des Antriebsmotors errechnet und daraus, wiederum in Zusammenhang mit der bekannten Getriebecharakteristik, auf den momentanen Kraftverlauf am Verdrängungsorgan schließt, so liegt die gewünschte Information über den Kraftverlauf zu jedem Zeitpunkt des Dosiervorgangs vor und die angestrebten Überwachungs- und Kompensationsfunktionen können zeitlich differenzierter erfolgen, was die Zuverlässigkeit sowie die Genauigkeit der Dosierung weiter verbessert.

[0033] Nimmt die elektronische Steuerung aus dem beobachteten Kraftverlauf am Verdrängungsorgan einen Rückschluss auf den Arbeitsdruck des Dosiermediums vor, so kann bekannten schädlichen Auswirkungen des Arbeitsdrucks auf den Dosiervorgang entgegengewirkt werden.

[0034] Erkennt die elektronische Steuerung aus dem ermittelten Arbeitsdruck des Dosiermediums einen Betrieb außerhalb des spezifizierten Druckbereichs und stellt sie die Dosierung bei Überschreiten eines durch die Spezifikation der Dosierpumpe bzw. durch eine Benut-

zereingabe vorgegebenen maximal zulässigen Drucks bzw. bei Unterschreiten eines vorgegebenen Minimaldrucks ein, so werden fehlerhafte Betriebszustände wie Überdrucksituationen bzw. Druckverlust durch eine defekte Verrohrung erkannt und es können Sicherheitsmaßnahmen wie z.B. das Einstellen der Dosierung ergriffen werden, was die Zuverlässigkeit der Dosierung verbessert. Die sonst notwendigen zusätzlichen Betriebsmittel wie z.B. Überdruckbegrenzer können hierdurch eingespart werden, sofern die Dosierpumpe das einzige druckerhöhende Aggregat im Prozess ist. Die Möglichkeit, den Arbeitsdruck auch auf Werte innerhalb des spezifizierten Druckbereichs der Dosierpumpe zu kontrollieren, erweitert die Möglichkeiten der Drucküberwachung auf Situationen, in denen das Überwachungssystem herkömmlicher Dosierpumpen, welches erst bei einer Blockade der Dosierpumpe anspricht, nicht einsetzbar ist.

[0035] Ist das Verdrängungsorgan eine teilweise elastische Membran und ermittelt die elektronische Steuerung aus dem gemessenen Arbeitsdruck des Dosiermediums und der bekannten Abhängigkeit der Dosierleistung vom Arbeitsdruck, die von der elastischen Verformung der Membran verursacht wird, einen zu erwartenden Dosierfehler, und beeinflusst sie die Drehzahl des Antriebsmotors und damit die Hubfrequenz so, dass diesem zu erwartenden Dosierfehler entgegengewirkt wird, so verbessert dies die Genauigkeit der Dosierung.

[0036] Beeinflusst das aus dem Positionssensor ausgelesene Signal (x_i) für die Position der Schubstange über einen Regelkreis im Rahmen seiner Regelgenauigkeit die Drehzahl des Antriebsmotors und als Folge die Linearbewegung der Schubstange und damit des Verdrängungsorgans so, dass sie einem vorgegebenen Sollwertprofil folgt, so kann diese gezielte Beeinflussbarkeit der Bewegung des Verdrängungsorgans zum Erreichen bzw. zur Verbesserung vorteilhafter hydraulischer Eigenschaften der Dosierung, z.B. bei der Langsamdosierung und/oder der Dosiergenauigkeit im Teilhubbereich, ausgenutzt werden.

[0037] Besitzt die Dosierpumpe zusätzlich zu dem Positionssensor eine Regeleinrichtung und beeinflusst diese alternativ die Position (im folgenden x_i genannt), die Geschwindigkeit (im folgenden v_i genannt) oder die Beschleunigung des Verdrängungsorgans über eine Regeleinrichtung durch Veränderung der Drehzahl des Antriebsmotors beeinflusst, können passend zu den Anforderungen einer konkreten Dosieraufgabe gezielt die Vorteile der jeweils geeigneteren Regelmethode genutzt werden. Eine Regelung der Geschwindigkeit erlaubt eine direkte Kontrolle der tatsächlichen Fließgeschwindigkeit des Dosiermediums, die z.B. für das verlangsamte Ansaugen zum Vermeiden von Kavitation erforderlich ist. Eine Regelung der Position erlaubt hingegen Situationen nahe des Stillstands zu kontrollieren, bei denen die Geschwindigkeitsinformationen, die durch Differenzieren des Wegsignals gebildet werden, sehr klein werden und durch die Regeleinrichtung nicht mehr sinnvoll verarbei-

tet werden können. Die Regelung der Position umgeht diese Schwierigkeit und ist z.B. bei der elektronischen Hublängenbegrenzung oder der Langsamdosierung vorteilhaft anzuwenden. Die Regelung der Beschleunigung ist vorteilhaft für eine leichte Beherrschbarkeit der Regelung, da die Beschleunigung der bewegten Massen für schnelle Vorgänge ein direktes Abbild der Motorkraft darstellt.

[0038] Besitzt die Dosierpumpe zusätzlich zu dem Positionssensor eine Regeleinrichtung und setzt diese v_i des Verdrängungsorgans in der Ansaugphase und/oder in der Druckphase gezielt herab, so wird damit Druckverlusten, die durch Strömungswiderstände verursacht werden, bzw. dem Entstehen von Kavitation entgegengewirkt. Bei der Dosierung hochviskoser Medien, z.B. von Lecithin, entstehen an Engstellen wie z.B. in den Ventilen bei zu hoher Strömungsgeschwindigkeit hohe Druckverluste. Diese Druckverluste müssen in Form einer zusätzlichen Kraft durch den Antrieb aufgebracht werden und können bei Anwendung der Regelung von v_i des Verdrängungsorgans niedrig gehalten werden. Zusätzlich werden Fließgeräusche bei herabgesetzter Strömungsgeschwindigkeit wirksam verringert. Bei der Dosierung leicht ausgasender Medien, z.B. von Chlorbleichlauge, tritt insbesondere während des Ansaugens bei zu hoher Strömungsgeschwindigkeit durch Unterschreiten des Dampfdrucks des Dosiermediums Kavitation auf, die erhöhten mechanischen Verschleiß zur Folge hat. Bei einer Regelung von v_i des Verdrängungsorgans in der Ansaugphase und/oder in der Druckphase wird dies vorteilhaft vermieden.

[0039] Besitzt die Dosierpumpe zusätzlich zu dem Positionssensor eine Regeleinrichtung und wird die gewünschte Hublänge durch eine Bedienvorgabe der Regeleinrichtung mitgeteilt und durch die Regeleinrichtung die Bewegung des Verdrängungsorgans elektronisch auf die auszuführende Hublänge begrenzt, indem die Regeleinrichtung den Antriebsmotor nach Ausführen der gewünschten Hublänge anhält, in den Reversierbetrieb umschaltet und so im Anschluss einen Ansaughub durchführt und den Motor dann anhält bzw. den darauffolgenden Druckhub ausführt, können grundsätzlich die zugehörigen mechanischen Einstellelemente entfallen.

[0040] Besitzt die Dosierpumpe zusätzlich zu dem Positionssensor eine Regeleinrichtung und verteilt die Regeleinrichtung die Vorwärtsbewegung des Verdrängungsorgans während der Druckphase durch Ansteuern des Antriebsmotors so auf die durch die Folgefrequenz der Dosierhübe vorgegebene Zeit, dass die Ausbringung des Dosiermediums möglichst gleichmäßig erfolgt, bis hin zu sehr langsam ausgeführten Dosierhüben von z.B. einigen Minuten, können Konzentrationsschwankungen des Dosiermediums weitgehend vermieden werden.

[0041] Die Dosiergenauigkeit wird verbessert, wenn das Verdrängungsorgan eine teilweise elastische Membran ist und die elektronische Steuerung aus dem momentanen Kraftverlauf an der Membran das Öffnen des Auslassventils erkennt und mithilfe dieser Beobachtung

den Totbereich, der aufgrund der elastischen Verformung der Membran entsteht, misst und den tatsächlich ausgeführten Hubweg durch gezieltes Beenden der Hubbewegung abhängig von der ermittelten Membranverformung so beeinflusst, dass die Abhängigkeit der Dosiermenge vom Gegendruck wesentlich vermindert wird. Diese Verbesserung wird durch Eliminieren des Fehlers erreicht, der durch die elastische Verformung der Membran unter Einwirkung des Arbeitsdrucks dadurch entsteht, dass der Betrag dieser Verformung nicht zur Dosierung beiträgt. Durch die verminderte Abhängigkeit der Dosiermenge vom Arbeitsdruck können Nachkalibrierungen, die sonst bei signifikanter Veränderung von Betriebsparametern wie z.B. dem Arbeitsdruck erforderlich sind, entfallen. Die Ableitung der Membranverformung aus einer Beobachtung des Kraftverlaufs ist bei Auswertung des Motorschlupfs besonders vorteilhaft, weil dieser ein gutes Abbild des tatsächlichen Kraftbedarfs darstellt und so keinen zusätzlichen messtechnischen Aufwand erfordert.

[0042] Die Dosiergenauigkeit wird verbessert, wenn die Dosierpumpe zusätzlich zu dem Positionssensor eine Regeleinrichtung besitzt, das Verdrängungsorgan eine teilweise elastische Membran ist und der tatsächlich ausgeführte Hubweg abhängig von der ermittelten Membranverformung beeinflusst wird, indem die Regeleinrichtung den Antriebsmotor nach Ausführen der gewünschten Hublänge ab dem Öffnen des Auslassventils anhält, in den Reversierbetrieb umschaltet und so im Anschluss einen Ansaughub durchführt und den Motor dann anhält bzw. den darauffolgenden Druckhub ausführt, so dass der durch die Membranverformung verursachte Fehlerbeitrag (bezogen auf den Hubweg bzw. das dosierte Volumen), der dadurch entsteht, dass der Betrag dieser Verformung nicht zur Dosierung beiträgt, eliminiert wird. Durch die verminderte Abhängigkeit der Dosiermenge vom Arbeitsdruck können Nachkalibrierungen, die sonst bei signifikanter Veränderung von Betriebsparametern wie z.B. dem Arbeitsdruck erforderlich sind, entfallen, und die Linearität des Verhältnisses zwischen eingestellter Hublänge und der tatsächlich dosierten Menge des Dosiermediums verbessert sich. Die Ableitung der Membranverformung aus einer Beobachtung des Kraftverlaufs ist bei Auswertung des Motorschlupfs besonders vorteilhaft, weil dieser ein gutes Abbild des tatsächlichen Kraftbedarfs darstellt und so keinen zusätzlichen messtechnischen Aufwand erfordert.

[0043] Wenn das Verdrängungsorgan eine teilweise elastische Membran ist und die Dosierpumpe zusätzlich zu dem Positionssensor eine Regeleinrichtung besitzt, und die tatsächlich ausgeführte Hubfrequenz abhängig von der ermittelten Membranverformung beeinflusst wird, indem die Regeleinrichtung einen Korrekturwert für den durch die Membranverformung verursachten Fehlerbeitrag (bezogen auf den Hubweg bzw. das dosierte Volumen) ermittelt und die Solldrehzahl des Antriebsmotors mithilfe dieses Korrekturwerts so verändert, dass der durch die Membranverformung verursachte Fehlerbei-

trag eliminiert wird, wird die Abhängigkeit der Dosiermenge vom Arbeitsdruck verringert.

[0044] Nachfolgend ist als Ausführungsbeispiel der Erfindung eine motorbetriebene Membrandosierpumpe mit Exzentergetriebe mit ihren verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten näher beschrieben. Es zeigt:

- Fig. 1: Längsschnitt durch eine Motordosierpumpe mit Positionssensor
- Fig. 2: Explosionsdarstellung des Positionssensors (Vergrößerung des Ausschnitts X aus Fig. 1)
- Fig. 3: Komponenten des Positionsregelkreises
- Fig. 4: Komponenten des Geschwindigkeitsregelkreises
- Fig. 5: Draufsicht auf den Positionssensor in Achsrichtung
- Fig. 6: Seitenansicht des Positionssensors quer zur Achse
- Fig. 7: Darstellung des Schattenbereichs des Positionssensors
- Fig. 8: Darstellung der Helligkeitswerte der Pixels, wie sie dem tatsächlichen Schattenverlauf entsprechen
- Fig. 9: Darstellung des Abbildungsmaßstabs des Positionssensors aufgrund geometrischer Anordnung
- Fig. 10: Interpolation der Positionsauflösung
- Fig. 11: Darstellung der Berechnungsgrundlage für die Interpolation der Positionsauflösung
- Fig. 12: Darstellung der Dosierleistung in Abhängigkeit von der mechanischen Hublänge und vom Arbeitsdruck

[0045] Fig. 1 zeigt den Aufbau einer Motordosierpumpe (teilweise geschnitten). Die Motordosierpumpe besteht, wie allgemein bekannt, im wesentlichen aus drei Gruppen von Komponenten, nämlich dem Antriebsmotor 2 mit Getriebeeinheit, dem Exzenterantrieb im Exzentergehäuse 1 und dem Elektronikgehäuse 28 mit der darin enthaltenen elektronischen Steuerung und den dort eingesetzten elektronischen Baugruppen und Bauteilen. Das Elektronikgehäuse 28 weist auf der Unterseite eine Bodenplatte 4 mit Befestigungsbohrungen auf, das Exzentergehäuse 1, das auf das Elektronikgehäuse 28 aufgesetzt und mit diesem fest verbunden ist, trägt den Antriebsmotor 2 mit Getriebeeinheit, der z.B. über Schrauben mit dem Exzentergehäuse verbunden ist.

[0046] In dem sogenannten Gehäuse, welches von dem Exzentergehäuse 1 und dem Elektronikgehäuse 28 gebildet wird, sind in dessen oberem Teil, dem Exzentergehäuse 1, die Komponenten des Exzenterantriebs befestigt. Die Komponenten des Exzenterantriebs sind in einem Exzenterträger 22 gelagert, der die Lageabstimmung der Einzelteile zueinander sicherstellt und im Exzentergehäuse 1 befestigt ist. Ein Dreiphasen-Asynchronmotor 2 ist zusammen mit einem Untersetzungsgetriebe 11, welches als Winkelgetriebe ausgeführt ist, als Baueinheit von außen an das Exzentergehäuse 1 an-

geflanscht und mit Schrauben verbunden. Die Abtriebswelle des Getriebemotors bildet einen rechten Winkel zur Wellenachse des Motors und bildet entweder direkt die Antriebswelle des Exzenterantriebs oder ist wie im beschriebenen Ausführungsbeispiel mit dieser über eine Kupplung achsgleich verbunden. Die Antriebswelle des Exzenterantriebs, die Exzenterwelle 17, ist im Exzenterträger 22 drehbar gelagert und trägt als fest mit ihr verbundenen Teil einen Exzenter. Die Exzenterwelle durchdringt mit dem Exzenter einen entsprechend ausgeschnittenen Schubbügel 20. Die Exzenterwelle 17 wird durch die Motor-/Getriebeeinheit über die Wellenkupplung bei angesteuertem Motor 2 in Drehung versetzt und treibt weiter den Schubbügel 20 an einer Innenfläche seines Ausschnitts, nämlich der Anlauffläche, mit der Außenfläche des Exzenter an. Der Schubbügel 20 treibt eine fest mit ihm verbundene, im Beispiel eingespritzte, Schubstange 19 an. Die Einheit aus Schubbügel 20 und Schubstange 19 ist längs verschiebbar in zwei Gleitbuchsen gelagert. Die Achse der Exzenterwelle 17 sowie die Längsachse 18 des Schubbügels 20 sowie der Schubstange 19 liegen jeweils in der horizontalen Ebene und bilden einen rechten Winkel zueinander. Eine der beiden Gleitbuchsen 26 für die Schubstange 19 sitzt in einer Lagerscheibe 24, die druckkopfseitig am Exzenterträger 22 befestigt ist; eine weitere Gleitbuchse 27, die den von der Dosierkopfseite abgewendeten Zapfen des Schubbügels 20 aufnimmt, sitzt im Hubverstellbolzen 8. Achsgleich zur Längsachse 18 der Schubstange 19 ist ein per Hand zu betätigendes Verstellorgan 7 für die Verstellung des Hubverstellbolzens 8 in ein Gewinde des Exzenterträgers 22 eingeschraubt, das die Axialbewegung des Schubbügels 20 beim Ansaugen und damit den Hub der Dosierpumpe begrenzt.

[0047] Das Gehäuse enthält weiter in seinem unteren Teil in einem abgeschlossenen Raum, dem Elektronikgehäuse 28, die elektronische Steuerung. Das Gehäuse ist spritzwasserdicht ausgeführt und schützt den Exzenterantrieb sowie die elektronische Steuerung vor Feuchtigkeit bzw. Korrosion, da Dosierpumpen häufig im Zusammenhang mit chemisch aggressiven Medien eingesetzt werden. Die elektronische Steuerung besteht aus einer horizontal liegenden Ansteuer Elektronik 34 mit den Leistungsschaltstufen für die Motoransteuerung 29, die als integrierter Frequenzumrichter ausgeführt sind, sowie einer in einem Gehäusedeckel 5 angeordneten Elektronik 6, die die für die Bedienung der Dosierpumpe notwendigen Eingabe- und Anzeigeelemente enthält. Die Bedienelemente sind durch eine Abdeckhaube 9 geschützt. Unterhalb der Abdeckhaube 9 sind Anschlüsse für die Steuerleitungen 10 bzw. für die Stromversorgung vorgesehen.

[0048] Auf der den Steuerleitungen 10 bzw. dem Stromversorgungsanschluss gegenüberliegenden Seite ist achsgleich zur Längsachse 18 der Schubstange ein Dosierkopf 12 angeordnet, in dem als Verdrängungsorgan eine z.B. aus Kunststoff gefertigte Membran 13 arbeitet, die an ihrem Umfang fest eingespannt ist. Der

Dosierkopf 12 trägt weiterhin ein Einlassventil 14 und ein Auslassventil 15, um das zwischen Membran 13 und Dosierkopf 12 in dem Dosierraum 16 über das Einlassventil 14 angesaugte Dosiermedium über das Auslassventil 15 in die Dosierleitung zu drücken. Die Motordosierpumpe arbeitet nach dem volumetrischen Prinzip, d.h. ein vorgegebenes Volumen soll bei jedem Hub einerseits angesaugt und andererseits über das Auslassventil 15 ausgestoßen werden. Die Membran 13 wird mittels des Exzenterantriebs, der die Schubstange 19 in der Längsachse hin- und herbewegt, in eine oszillierende Bewegung versetzt. Zur Seite des Hubverstellbolzens 8 hin wirkt die Einheit aus Schubbügel 20 und Schubstange 19 mit dem Verstellorgan 7 als per Hand verstellbare Hubverstellvorrichtung zusammen. Am gegenüberliegenden Ende ist der zum Dosierkopf 12 zeigende Teil der Schubstange 19 fest mit dem Kern 30 der Membran 13 verbunden und versetzt diese in eine oszillierende Bewegung.

[0049] Zwischen dem Schubbügel 20 und einem Bund 25 der Lagerscheibe 24 ist eine Druckfeder 23, z.B. eine Spiralfeder, angeordnet, die den Schubbügel 20 zu jedem Zeitpunkt formschlüssig am Exzenter anlegt. In der vorlaufenden Phase der Exzenterbewegung, also der Bewegung der Schubstange zum Dosierkopf hin, wird der Schubbügel mit der Schubstange zur Druckfeder hin bewegt, gleichzeitig wird die Membran 13 in den Dosierraum 16 gedrückt, was zur Folge hat, dass im Dosierraum ein Überdruck entsteht, das Auslassventil 15, z.B. ein federbelastetes Kugelventil, sich öffnet und das Dosiermedium in die Dosierleitung gedrückt wird. In der zurücklaufenden Phase der Exzenterbewegung, also der Bewegung der Schubstange weg vom Dosierkopf, wird der Schubbügel 20 durch die zusammengedrückte Druckfeder 23, die z.B. als Spiralfeder ausgebildet sein kann, der Exzenterbewegung folgend in die entgegengesetzte Richtung zum Hubverstellbolzen 8 bewegt, was zur Folge hat, dass die mit der Membran 13 verbundene Schubstange 19 die Membran in ihrer Bewegung mitnimmt, wodurch im Dosierraum 16 ein Unterdruck entsteht, der das Einlassventil 14 öffnet, so dass ein weiteres Mal Dosiermedium in den Dosierraum eingesaugt werden kann. Durch die abwechselnde, oszillierende Bewegung der Membran 13 mittels des Exzenterantriebs entsteht der Förderstrom des Dosiermediums in der Dosierleitung. Durch den Exzenterantrieb entsteht ein sinusförmiger Bewegungsablauf der Einheit aus Schubbügel 20, Schubstange 19 und Membran 13 im Verlauf eines Dosierhubs. Wird mittels des Hubverstellbolzens 8 eine reduzierte Hublänge eingestellt, wird der Bewegungsablauf in der Ansaugphase vor Erreichen des Totpunkts durch den verstellbaren Anschlag des Hubverstellbolzens 8 vorzeitig gebremst, wodurch der Sinusverlauf der Bewegung abgeschnitten wird und ein Phasenanschnitt der Hubbewegung entsteht.

[0050] Die Position der Einheit aus Schubbügel 20, Schubstange 19 und Membran 13 wird durch den Positionssensor 36 abgetastet, dessen Messsignal in einer definierten Beziehung zu dieser Position steht; diese Be-

ziehung kann als mögliche Ausführung z.B. streng proportional sein. Das Messsignal des Positionssensors 36 bezieht sich dabei stets auf die Position des Teils der beweglichen Einheit, an dem dieser angreift. Dieser Angriffspunkt wird durch das Bezugselement gebildet, welches in diesem Zusammenhang in abstraktem Sinn zu verstehen ist. Je nach Anforderungen des Positionssensors kann es als konkretes, zusätzlich zu montierendes Bauteil ausgeführt sein, aber auch lediglich aus einer charakteristischen Ausbildung z.B. einer Kante oder Fläche an einer der ohnehin erforderlichen Komponenten, z.B. am Schubbügel 20, bestehen.

[0051] Beim Ausführungsbeispiel ist im Exzenterträger 22 ein Sensorträger 31 befestigt (siehe auch die schematische Darstellung in Fig. 6), der einerseits in Längserstreckung lichtempfindliche CCD-Zellen 32 (CCD = charged coupled device; ladungsgekoppelter optischer Empfängerbaustein) und gegenüberliegend eine Lichtquelle 33, z.B. eine Leuchtdiode (LED), trägt.

[0052] Der mit dem Exzenterträger verbundene Sensorträger 31 und die darauf befestigten Komponenten bilden eine Lichtschranke, deren Strahlengang von dem Schubbügel teilweise unterbrochen wird. Das Bezugselement wird durch eine Schattenkante 35 des Schubbügels 20 im Bereich der Lichtschrankenordnung gebildet. Bei der oszillierenden Bewegung der Schubstange 19 überstreicht also die Schattenkante 35 berührungsfrei die lichtempfindlichen Zellen 32. Wie nun insbes. in Fig. 5 schematisch dargestellt ist, die eine Draufsicht in Achsrichtung zeigt, muss die Lichtquelle 33 so angeordnet sein, dass der Lichtstrahl auf seinem Weg zu den lichtempfindlichen Zellen 32 nicht durch die Schubstange 19 abgedeckt wird; d.h. z.B., dass die Lichtquelle 33 und die Zeile der lichtempfindlichen CCD-Zellen 32 oberhalb oder unterhalb der Schubstange 19 angeordnet ist. Wie nun insbes. in Fig. 7 schematisch dargestellt ist, wird durch die Lichtquelle 33 mittels der Schattenkante 35 auf die lichtempfindlichen Zellen 32 ein Schatten geworfen, der die Zellen im Grundsatz in beschienene (h) und nicht beschienene (d) Zellen unterteilt. Da die Reihe der parallel zur Längsachse 18 angeordneten lichtempfindlichen Zellen, z.B. 128 Pixels, die eine Strecke von insgesamt ca. 8mm abdecken, im Grenzbereich nur teilweise belichtet bzw. beschattet wird, entsteht die in Fig. 8 dargestellte Übergangssituation des Schattenverlaufs SV. Die Höhe der in Fig. 8 dargestellten rechteckigen Flächen stellt dabei die Beleuchtungsstärke der jeweiligen Pixels dar. Durch ein spezielles Verfahren, das später eingehend beschrieben und anhand der Fig. 10 erläutert wird, wird diese Grenzsituation genutzt, um die jeweilige Position der Schattenkante und damit die Stellung der Schubstange bzw. der Membran genau zu bestimmen. Diese Messeinrichtung, bestehend aus schubbügelseitiger Schattenkante und sensorträgerseitigen lichtempfindlichen CCD-Zellen mit gegenüberliegender Lichtquelle, dient dazu, die tatsächliche Lage bzw. die Geschwindigkeit der oszillierenden Schubstange zu messen und diese Information für die

Realisierung der beschriebenen Funktionen zu nutzen.

[0053] Die Schubstange, die die Membran in eine oszillierende Bewegung versetzt, legt bei jedem Hub eine Strecke zurück, die der mechanischen Hublänge entspricht. Um Montagetoleranzen zu berücksichtigen, muss die Längserstreckung der lichtempfindlichen CCD-Zellen etwas größer sein. Dies gilt prinzipiell auch für jeden anderen denkbaren zum Einsatz kommenden Positionssensor.

[0054] Wenn mithilfe des Positionssensorsignals eine Regelung der Membran- oder allgemein der Verdrängerbewegung realisiert werden soll, sind, wie insbesondere in Fig. 3 bzw. Fig. 4 schematisch erläutert, die nachfolgend genannten mechanischen und elektronischen Komponenten erforderlich. Die in den beiden Diagrammen enthaltenen Kurzbezeichnungen bedeuten dabei:

x_S :	Sollwert der Position des Verdrängungsorgans
x_i :	Istwert der Position des Verdrängungsorgans
x_{Si} :	Regelabweichung der Position des Verdrängungsorgans
v_S :	Sollwert der Geschwindigkeit des Verdrängungsorgans
v_i :	Istwert der Geschwindigkeit des Verdrängungsorgans
v_{Si} :	Regelabweichung der Geschwindigkeit des Verdrängungsorgans
SG:	Stellgröße
KSG:	Korrigierte Stellgröße
MA(U,f):	Motoransteuerung (Spannung bzw. Frequenz)

[0055] Der bewegliche Teil des Antriebs, dessen Bewegung geregelt werden soll, besteht aus dem Schubbügel 20 mit der Schubstange 19, mit der der Membrankern 30 fest verbunden ist. Die Rückholfeder 23 holt den Schubbügel nach erfolgtem Arbeitshub zurück und bewirkt so das Ansaugen. Der äußere Ring der Membran 13 ist im Dosierkopf 12 fest montiert, der in der Membran eingespritzte metallene Membrankern 30 bewegt die zentrale Fläche der Membran als Verdrängerorgan im Dosierkopf. Das Einlassventil 14 schließt auf der Ansaugseite, das Auslassventil 15 auf der Druckseite den Dosierkopf ab und bietet jeweils eine Anschlussmöglichkeit für die äußere Verrohrung. Mit der Schubstange 19 oder mit einem mit dieser in Verbindung stehenden Bauteil, hier mit dem Schubbügel 20, ist z.B. am dem Dosierkopf abgewandten Ende ein Bezugselement verbunden, dessen Position von einem im vorliegenden Fall berührungsfrei arbeitenden Positionssensor 36 abgetastet wird. Im Ausführungsbeispiel ist das Bezugselement eine Schattenkante 35 des Schubbügels 20 und der Positionssensor eine lichtschrankenähnliche Anordnung, bestehend aus der vorher beschriebenen Lichtquelle 33 im Zusammenwirken mit der Reihe lichtempfindlicher Zellen 32, welche die Position der Schattenkante 35 optisch und

damit berührungsfrei durch deren Schattenbildung erfasst. Da die Schubstange 19 die eigentliche Verbindung und den Kraftschluss zur Membran 13 sicherstellt und Schubbügel und Schubstange im vorliegenden Beispiel fest verbunden sind, bezieht sich die folgende Beschreibung immer auf die Bewegung der Schubstange 19, obwohl genau genommen die der Schattenkante 35 des Schubbügels 20 gemessen wird.

[0056] Der Positionssensor 36 gibt ein Istsignal x_i ab, welches der Position des Bezugselements 35 proportional ist. Im Falle des Geschwindigkeitsreglers wird dieses im Ausführungsbeispiel durch einen Differenzierer 37 nach der Zeit abgeleitet (dx_i/dt) und so zusätzlich ein geschwindigkeitsproportionales Istsignal v_i gebildet. Für die Regelung sind selbstverständlich auch andere Methoden geeignet, die ein zur Membrangeschwindigkeit proportionales Signal bereitstellen. Je nach Typ der Regelung und Erfordernissen der Dosierung wird ein zeitliches Profil für den Sollwert 38 der Position x_S bzw. der Geschwindigkeit v_S vorgegeben. Durch einen Soll-Ist-Vergleich 39 wird die Regelabweichung als Positionsabweichung $x_{SI} = (x_S - x_i)$ bzw. Geschwindigkeitsabweichung $v_{SI} = (v_S - v_i)$ ermittelt, und das Ergebnis wird auf einen PID-Regler 40 gegeben (PID-Regler = Regler mit Proportional-, Integral- und Differentialanteil). Dessen Ausgang, die Stellgröße SG, entspricht einem Anforderungswert für die Antriebsleistung. Zur Verbesserung der Reglerstabilität wird die Stellgröße SG durch eine Lagekorrektur 41 weiter verarbeitet. Die Lagekorrektur 41 berücksichtigt die Tatsache, dass die Drehzahl des Motors abhängig von der Drehwinkelstellung des Exzentrers (abzuleiten aus der Schubstangenposition) entsprechend der sinusförmigen Charakteristik des Exzentergetriebes in eine Geschwindigkeit an der Schubstange umgesetzt wird. Die Lagekorrektur 41 rechnet hierzu das Ausgangssignal des PID-Reglers 40 über die inverse Charakteristik des Exzentergetriebes in eine korrigierte Stellgröße KSG um, die bezogen auf den Eingang des Untersetzungsgetriebes 11 die notwendige Motoransteuerung repräsentiert, die erforderlich ist, um am Ausgang des Exzentergetriebes eine Bewegung der Schubstange 19 entsprechend der gewünschten Stellgröße SG zu erhalten. Ein Verstärker 42, der als Frequenzumrichter ausgeführt ist, beinhaltet die Leistungsschaltstufen und steuert den Motor entsprechend der angeforderten Drehzahl mit der zugehörigen Spannung und Frequenz an. Der Betrag der positionsabhängigen Lagekorrektur, die Umsetzung der korrigierten Stellgröße KSG in eine konkrete Drehzahlvorgabe für den Frequenzumrichter sowie ggf. die Ableitungskonstante für die Bildung des Geschwindigkeitssignals v_i werden durch die drei Proportionalitätsfaktoren k_1 , k_2 , k_3 festgelegt. Der Faktor für die positionsabhängige Lagekorrektur k_1 ist entsprechend der Charakteristik des Exzentergetriebes zu wählen, die beiden Faktoren k_2 für den Leistungsverstärker bzw. k_3 für die Ableitung des Geschwindigkeitssignals können anhand praktischer Gesichtspunkte gewählt werden, wie z.B. das Arbeiten mit möglichst gut handhabbaren Wertebereichen

der zugehörigen Größen.

[0057] In der Fig. 3 ist der Regelkreis für einen Positionsregler, in Fig. 4 ist der Regelkreis bei Einsatz als Geschwindigkeitsregler schematisch dargestellt. Der beschriebene Regelkreis setzt das vorgegebene zeitliche Profil für den Sollwert der Position x_S bzw. der Geschwindigkeit v_S um, natürlich im Rahmen seiner möglichen Regelgenauigkeit.

[0058] Die Festlegung des konkreten Profils für die Position, die Geschwindigkeit bzw. die Beschleunigung und die Umschaltung zwischen diesen Betriebsarten geschieht dabei anhand der Anforderungen, die sich aus den beispielsweise nachfolgend beschriebenen Funktionen ergeben, unter Berücksichtigung der Funktionsgrenzen des Reglers wie Regelgeschwindigkeit, erreichbare Genauigkeit usw.

[0059] Mit einer derartigen Regelung ist es bei einer Motordosierpumpe möglich, eine gewünschte Geschwindigkeit der Membran 13, allgemein des Verdrängungsorgans, vorzugeben und so die effektive Strömungsgeschwindigkeit des Dosiermediums zu kontrollieren.

[0060] Ebenso kann die Membranposition unmittelbar geregelt werden. Diese Funktion ermöglicht, in ausgewählten Phasen des Dosiervorgangs bestimmte Positionen gezielt anzufahren und wenn erforderlich auch im Stillstand einzuhalten.

[0061] Durch die Regelung des Bewegungsablaufs mittels eines Positionsgebers kann im Unterschied zu einem ungeregelten Betrieb auf Änderungen von Betriebsgrößen reagiert werden, die über die Zeit auftreten oder durch Umweltbedingungen bzw. Exemplarstreuungen, also statistische Abweichungen innerhalb der Produktionsserie, bedingt sind, und deren schädlicher Einfluss minimiert werden. Als Beispiele seien die MembranstEIFigkeit oder die Viskosität des Dosiermediums genannt. Beide erfordern einen Anteil an Antriebskraft, der zusätzlich zu der Kraft aufgebracht werden muss, die durch das Einwirken des Arbeitsdrucks auf die Membranfläche entsteht. Diese Störeinflüsse können durch Erfassung ihrer Auswirkung und Nachregeln der Motoransteuerung kompensiert werden. Bei einer ungeregelten Dosierpumpe mit vorgegebener Motordrehzahl, auch wenn diese selbst mittels Regelung stabilgehalten wird, bleiben solche Störeinflüsse unberücksichtigt. Bei einer solchen ungeregelten Dosierpumpe ist darüber hinaus aufgrund der sinusförmigen Charakteristik des Exzentergetriebes eine exakte Vorhersage der momentanen Geschwindigkeit des Verdrängungsorgans ohne Kenntnis der Schubstangenposition, also des Drehwinkels des Exzentrers, nicht möglich.

[0062] Darüber hinaus ist es durch die Regelung des Bewegungsablaufs mittels eines Positionsgebers möglich, im Gegensatz zu dem spontan ablaufenden Dosiervorgang bei ungeregeltem Betrieb auf innere und äußere Einflussgrößen zu reagieren, die im Folgenden beschrieben sind, und Betriebsbedingungen sicherzustellen, mit deren Hilfe ausgewählte hydraulische Eigenschaften der

Dosierung gezielt hervorgerufen bzw. vermieden werden können. Als Beispiel hierfür sei auf die weiter unten beschriebene Funktion des Schutzes vor Kavitation beim Ansaugen verwiesen.

[0063] Nachfolgend seien beispielsweise einzelne Einsatzmöglichkeiten einer Motordosierpumpe der vorher beschriebenen Art erläutert, die einen Positionssensor aufweist und mittels einer Auswertung des Positionssignals Rückschlüsse auf den Betriebszustand des Dosierkreises zieht oder durch eine Regelung und Veränderung der Motoransteuerung den Bewegungsablauf der Membran beeinflusst.

Erkennung der Stellung des Einstellreglers für die Hublänge

[0064] Dosierpumpen nach dem Stand der Technik bieten oft eine Betriebsart, in der die ausgeführten Dosierhübe über das eingestellte Volumen der Verdrängerkammer (Hublänge) direkt in ein dosiertes Gesamtvolumen umgerechnet werden und dieses z.B. als Volumenstrom in der Einheit l/h angezeigt wird. Für solche Funktionen ist die Kenntnis über die durch den Bediener eingestellte Hublänge erforderlich, da hiervon das pro Hub dosierte Volumen abhängt. Die Stellung der Hubverstell-einrichtung muss zu diesem Zweck bei Dosierpumpen bisheriger Bauart durch einen separaten Sensor in ein elektrisches Signal umgewandelt und in die Steuerung eingelesen werden. Ein Beispiel für eine praktische Realisierung wäre ein Linearpotentiometer am Hubverstellorgan 7, welches über einen Stößel dessen Einstellung abtastet.

[0065] Eine Dosierpumpe, die mithilfe des integrierten Positionssensors 36 den tatsächlich abgefahrenen Membranweg während des Hubs erfassen kann, benötigt keinen zusätzlichen Sensor. Durch Differenzbildung der beiden Positionswerte in den Endstellungen, die jeweils nach Erreichen des mechanischen Anschlags gemessen werden können, sobald die Bewegung zum Erliegen gekommen ist, kann die Hublänge direkt berechnet werden und steht für die weitere Verarbeitung zur Verfügung.

Erkennung einer Blockade bzw. eines unvollständig ausgeführten Hubs

[0066] Bei Dosierpumpen nach dem Stand der Technik ohne Positionssensor werden oft Sensoren eingesetzt, die zur Überwachung der Dosierbewegung pro Hub einen Rückmeldeimpuls an die elektronische Steuerung abgeben. Eine bekannte Ausführung ist z.B. ein kleiner Permanentmagnet, der an der Ausgangswelle des Getriebes, also an der Exzenterwelle 17 außerhalb der Achse befestigt ist und mit dieser umläuft, in Verbindung mit einem feststehenden Hallsensor, der beim Passieren des Magneten in einer bestimmten Drehwinkelstellung der Exzenterwelle ein Signal erzeugt. Anhand dieses Signals misst die elektronische Steuerung die Hubperi-

odendauer, die mit der Umlaufdauer der Exzenterwelle identisch ist, und leitet daraus einen störungsfreien Ablauf des Dosiervorgangs ab. Bei einer Blockade im Verlauf des Dosierhubs durch eine Überdrucksituation, z.B. bei einem versehentlich geschlossenen Absperrorgan in der Dosierleitung, bleibt das Signal des Hallsensors aus und führt nach Ablauf einer Überwachungszeitspanne zu einer Störungsmeldung und weiteren Reaktionen, z.B. Stillsetzen der Dosierpumpe. Bei einem solchen herkömmlichen System liegt die gewünschte Information erst nach Ablauf der Überwachungszeit vor.

[0067] Bei Verwendung eines Positionssensors 36 kann zu jedem Zeitpunkt des Dosierhubs die Geschwindigkeit der Schubstange 19 in Relation zur Ansteuerung des Motors 2 gesetzt werden, und eine Blockade kann praktisch verzögerungsfrei erkannt werden.

Schlupfkompensation

[0068] Wird als Antriebsmotor 2 z.B. ein Asynchronmotor eingesetzt, ist die effektive mechanische Drehzahl an der Motorabgangswelle unter Belastung immer geringfügig kleiner, als durch die Frequenz der elektrischen Ansteuerung vorgegeben ist. Die Differenz der beiden Drehzahlen, der sog. Schlupf, ist abhängig von Kenngrößen des Motors und innerhalb eines sinnvollen Lastbereichs annähernd proportional zum Lastdrehmoment. Der Schlupf kann nach verschiedenen, nachfolgend beschriebenen Methoden gemessen werden. Aus ihm kann ein Korrekturwert errechnet werden, der bei Verwendung eines Frequenzumrichters in die vorgegebene Motordrehzahl in Form einer Frequenzerhöhung eingerechnet und so kompensiert werden kann.

[0069] Der Schlupf kann beispielsweise durch Vergleich der gemessenen Hubperiodendauer mit der durch die elektrische Ansteuerung vorgegebenen ermittelt werden. Diese Methode wird auch bei Dosierpumpen nach dem Stand der Technik durch Messung des Zeitabstands zweier Hallsensorimpulse angewandt. Im Fall einer Dosierpumpe mit Positionssensor wird zur Periodendauermessung ein charakteristischer Punkt entlang des Hubwegs, z.B. auf halbem Weg, definiert und bei aufeinanderfolgenden Dosiervorgängen jeweils der Zeitpunkt festgehalten, zu dem dieser Punkt durchlaufen wird; die Zeitdifferenz zweier solcher Zeitpunkte ist die gesuchte Periodendauer.

[0070] Bei Motordosierpumpen mit Positionssensor 36 arbeitet eine unmittelbarere Methode zur Schlupferfassung mit der Beobachtung der Momentangeschwindigkeit der Schubstange 19. Aus der durch die elektrische Ansteuerung vorgegebenen Motordrehzahl kann über die bekannte Getriebe- und Exzentercharakteristik jederzeit eine ideale Schubstangengeschwindigkeit errechnet werden. Durch Vergleich der idealen mit der gemessenen Geschwindigkeit kann der Schlupf zu jedem Zeitpunkt während des Exzenterumlafs ermittelt und durch Nachregeln der Frequenz der Motoransteuerung korrigiert werden.

Druckerkennung

[0071] Wird z.B. ein Asynchronmotor eingesetzt, kann mithilfe des nach einer der vorher beschriebenen Methoden ermittelten Schlupfs die auf das Verdrängungsorgan wirkende Kraft ermittelt und so ein Rückschluss auf den Arbeitsdruck des Dosiermediums vorgenommen werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass der Exzenter die auf die Schubstange 19 wirkende Kraft entsprechend seiner sinusförmigen Charakteristik je nach momentaner Winkelstellung über das Getriebe 11 an den Motor 2 überträgt. In den beiden Totpunkten, also den Wendepunkten der Hubbewegung, ist der Motor von der Schubstangenkraft entkoppelt, d.h. lastfrei, in den beiden Punkten genau dazwischen überträgt der Exzenter das Lastmoment maximal zum Motor. Entsprechend wird bei angenommener konstanter Schubstangenkraft das aufzubringende Drehmoment an der Motorabgangswelle und damit auch der Schlupf angenähert nach einer Sinusfunktion schwanken. Die Schwankungsbreite ist dabei ein Abbild der Schubstangenkraft.

[0072] Wird wie oben beschrieben die Abweichung der Hubperiodendauer vom Idealwert ermittelt, so repräsentiert diese den über den Sinusverlauf des Exzenters gemittelten Schlupf, der wiederum ein Maß für die mittlere Hubstangenkraft, d.h. den Arbeitsdruck, darstellt. Wird der Schlupf fortlaufend aus dem Vergleich der durch die elektrische Ansteuerung vorgegebenen Motordrehzahl mit der Schubstangengeschwindigkeit ermittelt, kann mithilfe der bekannten Exzentercharakteristik und der Kenntnis des momentanen Drehwinkels des Exzenters, der aus der Schubstangenposition folgt, der zeitliche Kraftverlauf an der Schubstange 19 errechnet werden. Aus dem Kraftverlauf an der Schubstange kann wiederum der Arbeitsdruck abgeleitet werden.

[0073] Wird der Auslenkmechanismus durch eine andere Lösung als einen Exzenter realisiert, ist dessen Charakteristik sinngemäß auf das Gesagte anzuwenden.

Druckbegrenzung, Erkennung von Druckverlust

[0074] Wird der Arbeitsdruck nach einer der geschilderten Methoden ermittelt, kann er auf Einhaltung bestimmter Grenzen überwacht werden, und bei Ansprechen der Überwachung können Störmeldungen und weitergehende Reaktionen wie z.B. Stillsetzen der Dosierpumpe ausgelöst werden. Eine Überwachung auf Grenzwertüberschreitung kann zum Schutz der Pumpe oder anderer Anlagenkomponenten erfolgen; fallweise kann ein werksseitig vorgegebener Grenzwert von z.B. 130% des Maximaldrucks der Dosierpumpe auf Überschreitung überwacht werden, die Überwachungsgrenze kann jedoch auch innerhalb des spezifizierten Arbeitsbereichs der Dosierpumpe liegen, wenn z.B. empfindlichere Anlagenteile geschützt werden sollen, und ist in diesem Fall durch den Bediener vorzugeben. Möglich ist auch eine Überwachung auf Beibehaltung vorgegebener Betriebs-

bedingungen; in diesem Fall wird eine Störmeldung z.B. dann ausgelöst, wenn ein einmal vorherrschender und (z.B. durch eine Bedienerangabe) als Referenz gekennzeichneter Arbeitsdruck sich um einen Prozentsatz nach oben oder unten verändert. Wird der Arbeitsdruck auf Einhaltung eines Mindestdrucks von z.B. 1 bar überwacht, ist es damit möglich, ein Leck zu erkennen, welches durch einen Schaden in der Verrohrung hervorgerufen wurde.

Druckkompensation

[0075] Die genaue Dosierleistung wird bei Motordosierpumpen je nach Ausführung unterschiedlich vom Arbeitsdruck beeinflusst. Zum einen arbeitet der Antriebsmotor 2, wenn er z.B. als Asynchronmotor ausgeführt ist, bei steigendem Arbeitsdruck mit zunehmendem Schlupf, der sich in einem Drehzahlabfall und einer damit verbundenen reduzierten Hubfrequenz auswirkt. Zum anderen erfährt eine als Verdrängungsorgan eingesetzte Membran 13 während des Dosierhubs eine elastische Verformung unter dem Einfluss des Arbeitsdrucks. Zu Beginn des Dosierhubs wird im Dosierraum 16 bei noch geschlossenem Auslassventil 15 der Innendruck kontinuierlich erhöht, indem der Membrankern 30 durch die Schubstange 19 unter Aufbau von Druck in den Dosierraum 16 hinein bewegt wird und der elastische Walkbereich der Membran 13 in gleichem Maß dem Druck nachgebend gegenläufig zur Bewegung des Membrankerns 30 zurückweicht. Die Membran 13 verformt sich in sich selbst, in der Summe findet aber so gut wie keine Volumenänderung statt, was auf die Tatsache zurückzuführen ist, dass das Dosiermedium praktisch nicht komprimierbar ist und zu diesem Zeitpunkt beide Ventile geschlossen sind. Am Ende dieser Verformungsphase entspricht der Kammerdruck dem äußeren Arbeitsdruck. Der bis hierhin zurückgelegte Weg der Schubstange 19 entspricht dem Betrag der Membranverformung, also dem Totbereich zu Beginn der Dosierung, und trägt praktisch nicht zur Dosierung bei. Die Verformung bzw. der Totbereich bewegt sich typisch in einem Bereich von ca. 0,1-0,5mm je nach Membrangröße, Arbeitsdruck usw. Am Punkt des Druckgleichgewichts öffnet das druckseitige Auslassventil 15. Nun ist der auf die Membran 13 wirkende Druck praktisch identisch mit dem äußeren Arbeitsdruck und bleibt, wie auch die Membranverformung, für den restlichen Teil des Dosierhubs annähernd konstant. Der Punkt des Druckgleichgewichts, an dem das druckseitige Auslassventil öffnet, markiert den eigentlichen Beginn der Dosierung, so dass der Betrag der Membranverformung dem Dosierhub verloren geht, d.h. die effektive Hublänge errechnet sich aus der mechanisch vorgegebenen abzüglich der Membranverformung. Da die Membranverformung selbst mehr oder weniger proportional mit dem Arbeitsdruck zunimmt, ergibt sich als typische Abhängigkeit eine fallende Dosierleistungskurve bei steigendem Arbeitsdruck. Die sich ergebende negative Abweichung fällt umso stärker ins Gewicht, je klei-

ner die eingestellte Hublänge ist.

[0076] Bei einer Motordosierpumpe nach dem Stand der Technik ist die Dosierleistung nicht nur druckabhängig, sondern zusätzlich im Teilhubbetrieb nicht streng proportional zur eingestellten mechanischen Hublänge. Vielmehr beginnt die effektive Dosierung beim Hub erst nach einem anfänglichen Totbereich ab dem Punkt der vollständigen Membranverformung mit dem Öffnen des Auslassventils 15. Trägt man eine Kennlinie auf, die die Dosierleistung in Abhängigkeit von der eingestellten mechanischen Hublänge zeigt, ergibt sich eine linear ansteigende Kurve, die erst ab einer Mindesthublänge entsprechend dem Totbereich von x_{T1} , x_{T2} , x_{T3} ... x_{Tn} eine reale Dosierleistung aufweist (s. Fig. 12). Da diese Mindesthublänge der Membranverformung entspricht, ist sie zudem vom Arbeitsdruck P_1 , P_2 , P_3 ... P_n abhängig.

[0077] Diese Kennlinienverschiebung x_{T1} , x_{T2} , x_{T3} ... x_{Tn} bedingt bei bisheriger Technik eine Nachkalibrierung unter realen Arbeitsbedingungen, sobald die bisher eingestellte Hublänge wesentlich verändert wird, da die neue Dosierleistung nicht mit genügender Genauigkeit über eine proportionale Umrechnung aus der bisherigen und der neu eingestellten Hublänge ermittelt werden kann.

[0078] Wird der Arbeitsdruck nach einer der vorher geschilderten Methoden ermittelt, ist es möglich, anhand der beschriebenen Abhängigkeiten, die in Vorversuchen für einen Gerätetyp quantitativ ermittelt werden können, den fehlererzeugenden Einfluss des Arbeitsdrucks auf die Dosierleistung vorherzubestimmen und zu kompensieren. Hierzu wird anhand des ermittelten Arbeitsdrucks und der eingestellten Hublänge, die, wie weiter oben beschrieben, ebenfalls mithilfe des Positionssensors gemessen werden kann, aus der bekannten Fehlerabhängigkeit ein Korrekturwert berechnet, der der eingestellten Hubfrequenz zugeschlagen wird. Zu beachten ist hierbei, dass unter praktischen und wirtschaftlichen Aspekten nur der systematische Anteil des Einflusses eliminiert werden kann. Der druckabhängige Dosierleistungsfehler wird hauptsächlich von Materialeigenschaften und Abmessungen der beteiligten Komponenten bestimmt, die sich in gewissem Maß durch Alterung verändern können bzw. Exemplarstreuungen in der Produktionsserie unterliegen. Diese Variationen werden durch die hier beschriebene Methode, den durch die Membranverformung bedingten Fehler mithilfe vordefinierter, aus Bauteilparametern abgeleiteter bzw. in Messreihen ermittelter Werte zu korrigieren, nicht berücksichtigt; vielmehr müssten in regelmäßigen Intervallen bzw. bei jedem Hub am vorliegenden Geräteexemplar die konkreten Verhältnisse messtechnisch neu erfasst werden.

[0079] Wird der fehlererzeugende Einfluss der Membranverformung wie vorher beschrieben kompensiert, indem der Arbeitsdruck nach einer der vorher geschilderten Methoden ermittelt und die eingestellte Hubfrequenz um einen Korrekturwert angepasst wird, so wird auch der Proportionalitätsfehler im Teilhubbetrieb eliminiert, so dass die Dosierpumpe praktisch über den vollen nutzba-

ren Einstellbereich der Hublänge von z.B. 20%-100% betrieben werden kann, ohne die bisher notwendigen Nachkalibrierungen durchführen zu müssen, die bei einer herkömmlichen Dosierpumpe bei einer Verstellung der Hublänge um mehr als z.B. 10% notwendig sind, um die spezifizierte Dosiergenauigkeit sicherzustellen.

Vermeidung von Strömungsverlusten bei hochviskosen Medien

[0080] Die Funktion, die Geschwindigkeit des Verdrängungsorgans, hier der Membran 13, zu regeln, kann insbesondere bei hochviskosen Medien (z.B. Lecithin) zur Begrenzung von Strömungsverlusten in Ventilen und anderen Engstellen genutzt werden. Hohe Strömungsgeschwindigkeiten haben bei solchen Medien durch zusätzliche Druckverluste infolge von Strömungswiderständen einen negativen Einfluss auf die Dosiergenauigkeit. Zusätzlich ist es hier von Vorteil, wenn durch die begrenzte Geschwindigkeit mehr Zeit für das definierte Öffnen und Schließen der Ventile zur Verfügung gestellt wird. Beide Effekte verbessern insgesamt die Dosiergenauigkeit bei hochviskosen Medien. Um dies zu erreichen, wird während des gesamten Dosiervorgangs die Membrangeschwindigkeit auf einen wählbaren Maximalwert begrenzt gehalten. Diese Maximalgeschwindigkeit hängt u.a. von der Viskosität des konkret zu dosierenden Mediums ab und ist z.B. in Form mehrerer auf gängige Anwendungsfälle abgestimmter vordefinierter Werte durch den Betreiber auszuwählen oder direkt vorzugeben. Mittels des Positionssensors und der oben beschriebenen Regelung der Geschwindigkeit des Verdrängungsorgans kann die angestrebte Begrenzung der Membrangeschwindigkeit sichergestellt werden.

Kavitationsschutz

[0081] Bei leicht ausgasenden Medien (wie z.B. Chlorbleichlauge) kann insbesondere beim Ansaugen, aber auch im Dosierhub bei zu hoher Strömungsgeschwindigkeit an Engstellen durch örtliches Unterschreiten des Dampfdrucks, der u.a. von der chemischen Zusammensetzung des Dosiermediums sowie dessen Temperatur abhängt, Kavitation auftreten, die erhöhten Verschleiß zur Folge hat. Kavitation kann vermieden werden, indem sowohl im Druckhub als auch während des Ansaugens, also des Zurückfahrens der Membran 13, die Geschwindigkeit durch Regelung oder auch durch einfache Drehzahlvorgabe auf Werte deutlich unterhalb einer kritischen Strömungsgeschwindigkeit begrenzt wird. Die Geschwindigkeitsvorgabe für den Regelkreis bzw. im einfachen Fall die Motordrehzahl wird hierzu so eingestellt, dass die mit der Mediumsgeschwindigkeit korrespondierende Membrangeschwindigkeit auf beispielsweise 1 mm/50ms begrenzt wird.

[0082] Insbesondere der Ansaugvorgang ist für die Entstehung von Kavitation anfällig, da hier der statische Druck besonders niedrig ist und daher der Sicherheits-

bereich bis zum Unterschreiten des Dampfdrucks sehr gering ausfällt. Für eine Verfeinerung der Methode ist es daher sinnvoll, die Membrangeschwindigkeit im Ansaugen auf geringere Werte als im Druckhub zu begrenzen. Sinnvolle Werte sind beispielsweise 1mm/50ms im Druckhub bzw. 1mm/100ms während des Ansaugens, jedoch sind natürlich auch abweichende Werte möglich. Wesentlich für eine solche individuelle Behandlung der Dosierphasen ist, dass mithilfe des Positionssensors die genaue Position der Membran jederzeit bekannt ist und so der Beginn der (besonders kritischen) Ansaugphase zuverlässig erkannt werden kann.

Elektronische Hublängenverstellung

[0083] Die Erfindung ermöglicht es, die mechanische Einrichtung zur Hublängeneinstellung (Verstellorgan 7 und Hubverstellbolzen 8) einzusparen. Hierzu wird der Regeleinrichtung die gewünschte Hublänge auf elektronischem Weg, z.B. durch eine Bedieneingabe, mitgeteilt. Wurde die gewünschte Hublänge ausgeführt, wird die erreichte Position der Membran 13 durch Abbremsen des Motors 2 gehalten und diese im Anschluss mit reversierter Drehrichtung des Motors zum Ansaugen zurückgefahren. Der folgende Hub kann durch Weiterdrehen des Motors über den ansaugseitigen Totpunkt hinaus mit vertauschter Drehrichtungsfolge ablaufen (Druckphase im Reversbetrieb, Ansaugen im Normalbetrieb) oder auch in derselben Reihenfolge wie der vorangegangene Hub; im erstgenannten Fall können Abbrems- und Anfahrvorgänge des Motors zwischen den Hübren und der damit verbundene Zeit- und Energiebedarf eingespart werden. Zu beachten ist, dass durch den permanenten Richtungswechsel ein fest auf der Motorwelle montierter passiver Lüfter seine Funktion nicht mehr ausreichend erfüllen kann, so dass hier die Verwendung eines fremdangetriebenen Lüfters für den Motor unerlässlich ist, falls dieser Kühlmaßnahmen benötigt.

Langsamdosierung zur Vermeidung von Konzentrationsschwankungen

[0084] Für Anwendungsfälle, bei denen es auf gute Vermischung mit einem Prozessmediumsstrom ankommt, ist eine möglichst gleichmäßige Einbringung des Dosiermediums in den Prozess erforderlich. Bestimmte Anwendungen erfordern zudem die Möglichkeit, kleinste Teilmengen über sehr lange Zeit verteilt möglichst gleichmäßig zu dosieren, womit eine quasi kontinuierliche Dosierung erreicht werden soll. Für diese Fälle werden nach dem Stand der Technik Motordosierpumpen eingesetzt, die z.B. mit einem Schrittmotor und einem selbsthemmenden Getriebe arbeiten. Ein Gesamthub wird bei diesen Dosierpumpen drehzahlreduziert ausgeführt bzw. in mehrere Teilschritte mit dazwischenliegenden Ruhepausen aufgeteilt, am Ende des Gesamthubweges wird eine vollständige (schnelle) Ansaugphase ausgeführt, und

danach der Dosiervorgang in der beschriebenen Weise fortgeführt.

[0085] Bei einer bewegungsgeregelten Motordosierpumpe kann die zur Verfügung stehende Zeit, die sich aus der Wiederholfrequenz der Dosierhübe ergibt, so aufgeteilt werden, dass der nach Abzug der Ansaugdauer verbleibende Anteil bis auf eine kurze Ruhephase maximal für die Vorwärtsbewegung ausgenutzt wird. Die zu regelnde Geschwindigkeit wird hierbei aus dem zurückzulegenden Weg (eingestellte Hublänge) und der zur Verfügung stehenden Zeit berechnet. Im Gegensatz zu einer Motordosierpumpe nach dem Stand der Technik kann bei Verwendung eines Positionssensors 36 und einer Regeleinrichtung aus der zu jedem Zeitpunkt bekannten Position der Schubstange 19 die momentane Winkelstellung des Exzentergetriebes rückermittelt und in die Motordrehzahl so mit eingerechnet werden, dass die Charakteristik der Auslenkvorrichtung, die bei Verwendung eines Exzenter sinusförmig ist, ausgeglichen und der Dosierhub als exakt lineare Bewegung mit entsprechend konstanter Ausbringung des Dosiermediums ausgeführt werden kann. Die Geschwindigkeit kann in einem sehr weiten Bereich von z.B. 1 mm/min bis 1 mm/s und darüber hinaus liegen.

[0086] Die vorher beschriebenen Einsatzmöglichkeiten des Positionsgebers z.T. zusammen mit einer Regelung zeigen, dass durch den Einsatz eines Positionssensors z.B. an der Schubstange während des gesamten Hub- und Ansaugvorgangs die genaue Lage des Verdrängungsorgans festgestellt und überwacht werden kann. Die Lagefeststellung und Überwachung führt dazu, dass situationsbezogene Steuervorgaben, die zu den beschriebenen Vorteilen führen, mittels der Istwertmessung exakt eingehalten werden.

Positionssensor

[0087] Wie bereits ausgeführt, dient als Bezugselement für den Positionsgeber in dem beschriebenen Ausführungsbeispiel die Schattenkante 35 am Schubbügel 20 für das Abtasten der Position, deren Schatten auf die Zeile aus CCD-Zellen 32 (CCD = charged coupled device; ladungsgekoppelter optischer Empfängerbaustein) abgebildet wird. Die bei diesem Ausführungsbeispiel näher beschriebenen aktiven Sensorelemente, die die Position erfassen, sind an der zum Dosierkopf gerichteten Seite des Schubbügels 20 angeordnet. Als Lichtquelle 33 dient eine LED, der optische Empfänger ist ein elektronischer Baustein mit einer CCD-Zeile 32, welche hier gemeinsam auf einem Zwischenteil, dem Sensorträger 31, montiert sind. Die Montage auf dem Sensorträger 31 ermöglicht es, den Positionssensor 36 im Produktionsablauf als eigenständige Baugruppe zu behandeln und z.B. getrennt vorzumontieren und außerhalb des endgültigen Einbauorts in seiner Funktion zu prüfen. Darüber hinaus stellt die beschriebene lichtschränkenähnliche Anordnung einen berührungs- und damit verschleißfrei arbeitenden Sensor dar.

[0088] Für die grundsätzliche Funktionsweise ist der Anbringungsort des Sensors im Bereich der bewegten Einheit aus Schubbügel 20 und Schubstange 19 ohne Bedeutung, die diesbezügliche Festlegung kann vielmehr nach baulichen Gesichtspunkten wie Platzverhältnisse, Montagereihenfolge usw. getroffen werden. Im übrigen können die hier als fest montiert beschriebenen Teile (Lichtquelle 33, Empfänger 32) und diejenigen, die sich zusammen mit der Schubstange bewegen (Schattenkante 35), ihre Funktion auch tauschen.

[0089] Der CCD-Baustein 32 wird im Ausführungsbeispiel von einer Auswerteeinheit angesteuert, die einen Mikroprozessor enthält und die benötigten Steuersignale erzeugt. Statt eines Mikroprozessors kann die Auswerteeinheit auch durch einen DSP (Digitaler Signal-Prozessor) oder in diskreter Technik realisiert werden.

[0090] Als Lichtquelle 33 ist prinzipiell jedes Bauteil geeignet, das einen hinreichend eng begrenzten Leuchtfleck aufweist. Zusammen mit der in Fig. 7 näher dargestellten Abbildungsgeometrie bestimmt dieser die Breite des Schattenbereichs SV, s. auch Fig. 8.

[0091] Als Lichtquelle 33 können auch mehrere Elemente oder ein Linienstrahler verwendet werden, mit deren Hilfe der Schattenverlauf SV nach besonderen Gesichtspunkten gezielt ausgebildet werden kann. Als Beispiel sei hier die Erzielung einer höheren Helligkeit genannt, ohne die Abbildungsschärfe in Bewegungsrichtung zu beeinträchtigen.

[0092] Die CCD-Zeile 32 ist eine lineare Anordnung von M optischen Empfängern (nachfolgend Pixels genannt), die in einem regelmäßigen Raster R von einigen μm angeordnet sind. Im Beispiel sind dies 128 Pixels im Raster von etwa $64\mu\text{m}$ auf einer Gesamtlänge von ca. 8mm, d.h. $M = 128$ und $R = 64\mu\text{m}$.

[0093] Die Steuersignale, die von der Auswerteeinheit erzeugt werden, legen die Belichtungszeit fest, während der die einzelnen Pixels der CCD-Zeile 32 die auftretende Lichtmenge jeweils in einem eigenen Messverstärker innerhalb des CCD-Bausteins integrieren und zur späteren Auswertung zwischenspeichern. Diese Integration erfolgt nicht nur über die Belichtungsdauer, sondern auch über die lichtempfindliche Fläche jedes Pixels. Nach der Belichtung werden die zu den Pixels gehörenden Helligkeitswerte nacheinander durch weitere Steuersignale als Analogwerte aus dem CCD-Baustein ausgelesen und durch die Auswerteeinheit erfasst.

[0094] Belichtung und Auslesen der Helligkeitswerte finden im einfachen Fall abwechselnd statt. Je nach Bauart bieten einige handelsübliche CCD-Zeilen-Bausteine auch Möglichkeiten für ein gleichzeitiges Ablaufen beider Vorgänge, indem sie die integrierten Messwerte nach der Belichtung zwischenspeichern und die Integratoren sofort wieder für eine nachfolgende Messung freigeben. Durch zeitgleiches Auslesen der Ergebnisse eines Messdurchgangs während der Belichtungsphase für den darauffolgenden Durchgang kann so die Messgeschwindigkeit erhöht werden.

[0095] Im in Fig. 8 dargestellten Diagramm sind die

integrierten Helligkeitswerte H dem tatsächlichen Schattenverlauf im Bereich der angesprochenen Pixels beim konkreten Ausführungsbeispiel entsprechend dargestellt. Der Schattenbereich SV erstreckt sich in diesem Beispiel über die Pixels #60 bis #63.

[0096] Als einfaches Auswerteverfahren wird eine Entscheidungsschwelle H_v (in Fig. 8 als gestrichelte Linie dargestellt) willkürlich bei z.B. der Hälfte der Maximalhelligkeit festgelegt und dasjenige Pixel gesucht, dessen Helligkeitswert H am Schattenübergang als Erstes die Schwelle H_v unterschreitet; im Beispiel wäre dies das Pixel #62.

[0097] Bei anderen Ausführungen kann der Helligkeitsverlauf gegenläufig von unbeleuchteten hin zu beleuchteten CCD-Zellen bei aufsteigender Pixelnummer sein; dies ist einerseits abhängig von der Anordnung der Elemente Lichtquelle 33, CCD-Baustein 32 und Schattenkörper 35 und andererseits von der internen Organisation des verwendeten CCD-Bausteins 32. In diesem Fall wird dasjenige Pixel gesucht, dessen Helligkeitswert am Schattenübergang als Erstes die Schwelle überschreitet.

[0098] Nach Ablauf der drei Phasen Belichtung, Auslesen und Verarbeitung liegt ein Positionswert vor. Der Gesamtzeitbedarf der drei Phasen bestimmt die Folgefrequenz, mit der Positionswerte erhalten werden. Die Messauflösung ist gleich dem Pixelraster R der CCD-Zeile, korrigiert um das Abbildungsverhältnis A, welches sich aus der Montagedistanz mit den einzelnen Komponenten ergibt.

[0099] Für das Abbildungsverhältnis A gilt (vergl. Fig. 9):

$$A = s'/s = x_3 / x_2$$

[0100] Hierbei ist

- $s =$ Tatsächliche Bewegung der Schattenkante
- $s' =$ Projizierte Bewegung der Schattenkante in der Ebene des CCD
- $x_2 =$ Abstand zwischen optisch wirksamer Schattenkante und Lichtquelle
- $x_3 =$ Abstand zwischen CCD-Ebene und Lichtquelle

[0101] Dieses Verfahren ermittelt die Position durch Auszählen von Pixels, ist also als digitales Verfahren anzusehen. Abweichungen und Verschiebungen linearer Parameter wie z.B. Bauteilempfindlichkeiten wirken sich auf das Ergebnis im Vergleich zu analogen Verfahren praktisch nicht aus. Ermittelt man das Abbildungsverhältnis A für praktische Werte, so haben Montagetoleranzen ebenfalls nur einen geringen Einfluss. In einem praktischen Ausführungsbeispiel mit $x_3 = 21 \text{ mm}$ und $x_2 = 20 \text{ mm}$ ergibt sich ein Nominalwert für das Abbildungsverhältnis A von 1,05; d.h. eine Bewegung der Schattenkante 35 um eine bestimmte Strecke ergibt eine 1,05-

fache Verschiebung des Schattenbereichs SV in der Ebene der CCD-Zellen 32. Angenommen sei nun eine Montagetoleranz für x_3 , d.h. eine mögliche Variation des Abstands der CCD-Zellen 32 von der Lichtquelle 33, um $\pm 0,3\text{mm}$, und ein konkreter Montagefall am oberen Ende dieses Toleranzbereichs mit $x_3 = 21,3\text{mm}$ und $x_2 = 20\text{mm}$. In diesem Fall errechnet sich das Abbildungsverhältnis A zu 1,065. Das Abbildungsverhältnis ändert sich in diesem Beispiel um das Verhältnis $1,065/1,05 = 1,014$ bzw. um +1,4%. Diese Abweichung kann durch eine einmalige Kalibrierung z.B. bei der Produktion leicht eliminiert werden. Die Linearität wird fast ausschließlich durch die Genauigkeit des Pixelrasters innerhalb der Chipgeometrie bestimmt, Abweichungen sind somit vernachlässigbar gering.

[0102] Obgleich die vorher beschriebene Methode zur Bestimmung der Position der Schattenkante 35 und damit zur Stellung der Membran 13 bereits sehr genaue und lineare Positionswerte ergibt, kann durch Interpolation eine noch genauere Positionsauflösung erzielt werden. In dieser erweiterten Ausführung wird durch Auswertung der Pixelhelligkeiten H eine Positionsauflösung erzielt, z.B. zwischen Pixels 61 und 62 (vergl. Fig. 10), die feiner als das Pixelraster R ist, indem die Helligkeitswerte der Pixels im Bereich der Entscheidungsschwelle interpoliert werden. Ziel ist es, die Stelle zu bestimmen, an der der Helligkeitsverlauf die Entscheidungsschwelle H_V schneidet, und diesem Schnittpunkt einen Wert auf einer virtuellen Positionsskala zuzuweisen, deren x-Werte jeweils in der Mitte der Pixels genau der Pixelnummer entsprechen.

[0103] Hierzu werden die beiden Pixels links und rechts von der Entscheidungsschwelle H_V gesucht und die Abstände ΔH der zugehörigen Helligkeitswerte von dieser Schwelle bewertet. Wie in Fig. 10 bzw. in Fig. 11 dargestellt, gilt:

$$\Delta H_l = H_l - H_V$$

$$\Delta H_r = H_r - H_V$$

[0104] Die Abstände Δx , gerechnet von der jeweiligen Mittelachse jedes der beiden benachbarten Pixels, in diesem Beispiel der Pixels #61 und #62, in Vielfachen der Pixelbreite zum Schnittpunkt bilden mit den Helligkeitsabständen ΔH folgendes Verhältnis bezogen auf das links vom gesuchten Schnittpunkt gelegene Pixel #61 (linksseitiges Nachbarpixel):

$$\Delta x_l / (\Delta x_l + \Delta x_r) = \Delta H_l / (\Delta H_l + \Delta H_r)$$

[0105] Mit $(\Delta x_l + \Delta x_r) = 1$ (1 Pixelbreite) ergibt sich:

$$\Delta x_l = \Delta H_l / (\Delta H_l + \Delta H_r)$$

[0106] Bezogen auf das rechts vom gesuchten Schnittpunkt gelegene Pixel #62 (rechtsseitiges Nachbarpixel) gilt das Verhältnis:

$$\Delta x_r / (\Delta x_l + \Delta x_r) = \Delta H_r / (\Delta H_l + \Delta H_r)$$

[0107] Mit $(\Delta x_l + \Delta x_r) = 1$ (1 Pixelbreite) ergibt sich:

$$\Delta x_r = \Delta H_r / (\Delta H_l + \Delta H_r)$$

[0108] In diesem Beispiel liegt der Schnittpunkt beim Wert 61,7. Folgt der Helligkeitsverlauf im Interpolationsbereich einer idealen Gerade, so führen beide Berechnungswege zum selben Ergebnis, es genügt also prinzipiell, eine der beiden Berechnungen durchzuführen. Mit Hilfe dieser Eigenschaft können jedoch Fehlerbeiträge durch einen nicht exakt geraden Helligkeitsverlauf im betrachteten Übergangsbereich oder durch immer zu erwartende Messungenauigkeiten minimiert werden, indem beispielsweise beide Berechnungen durchgeführt und deren Ergebnisse gemittelt werden.

[0109] Bei anderen Ausführungen können je nach Helligkeitsverlauf die Verhältnisse beiderseits des Schnittpunkts bezüglich unbeleuchteter und beleuchteter CCD-Zellen vertauscht sein; in diesem Fall wechseln die Richtungsangaben links und rechts gegebenenfalls ihre Funktion und die Interpolationsgleichungen sind entsprechend anzupassen.

[0110] Darüber hinaus sind auch andere Ausführungen möglich, bei denen die Helligkeitswerte von mehr als zwei Pixels zur Berechnung herangezogen werden. Die Position kann dann durch redundante Mehrfachberechnung und z.B. Mittelung mehrerer Ergebnisse gebildet werden. Als weitere Möglichkeit kann eine andere als die hier gezeigte lineare Interpolation bzw. eine Interpolation mit den Daten anderer als der direkten Nachbarpixels angewandt werden.

[0111] Abweichungen und Verschiebungen linearer Parameter wie z.B. Bauteilempfindlichkeiten wirken sich auf das Ergebnis nur innerhalb des Interpolationsbereichs aus. Die Steilheit des Helligkeitsverlaufs im Schattenübergang, resultierend aus der Schärfe der Abbildung der Schattenkante auf die CCD-Ebene, ist von untergeordneter Bedeutung, da von ihr die Interpolation innerhalb weiter Grenzen nicht beeinträchtigt wird; lediglich die Linearität des Helligkeitsverlaufs ist für die Genauigkeit der Interpolation ausschlaggebend.

[0112] Unabhängig von der vorher beschriebenen Interpolationsmethode können auf dem beschriebenen Grundprinzip aufbauend weitere Verfahren zur Verbes-

serung der Sensoreigenschaften genutzt werden. Diese Verfahren sind nachfolgend beschrieben:

- Verbesserung der Störimmunität durch Filterung
Die Störimmunität des Sensors kann durch Filtermaßnahmen verbessert werden. Eine Filterung kann sowohl auf Ebene der Helligkeitswerte der Pixels als auch auf das Ergebnis der Positionsermittlung selbst angewandt werden. Im ersten Fall arbeitet das Verfahren mit Helligkeitswerten, die über mehrere Pixels oder über mehrere Durchgänge gemittelt wurden, im zweiten Fall werden mehrere zunächst ermittelte Positionsergebnisse zu einem abgeleiteten Positionswert zusammengefasst, mit dem dann die weitere Bearbeitung vorgenommen wird. 5 10
- Kompensation von Montageabweichungen
In einer definierten Phase, z.B. in der Ruhephase vor Ablauf des eigentlichen Dosierhubs, kann der Positionswert für diese Phase ermittelt und in einem Referenzspeicher abgelegt werden. Während der aktiven Bewegungsphase werden dann die Positionswerte relativ zu dem zuvor ermittelten Referenzwert verarbeitet. Durch dieses Verfahren ist es möglich, fertigungsbedingte Montageabweichungen der Ruhelage sowie Verschiebungen während des Betriebs z.B. durch Wärmeausdehnung automatisch zu kompensieren und damit die Genauigkeit zu verbessern. 15 20
- Kompensation von Skalierungsfehlern
Bei einer erweiterten Alternative kann durch Anfahren zweier oder mehrerer bekannter Positionen, hier Referenzpositionen genannt, die Skalierung des Positionssensors abgeglichen werden. Dies kann einmalig im Zuge des Produktions- bzw. Prüfverfahrens oder auch wiederkehrend im Betrieb geschehen. Im ersten Fall können die Referenzpositionen durch externe Einrichtungen, z.B. Raststellungen oder externe Messeinrichtungen, vorgegeben werden. Aus den in diesen Referenzpositionen gemessenen Positionswerten kann zusammen mit der Kenntnis über die wirkliche Lage der Referenzpositionen ein Korrekturwert für die Skalierung des Positionssensors abgeleitet und für die weitere Verarbeitung gespeichert werden. 25 30 35
- Kompensation der optischen Empfindlichkeitsparameter
In einer erweiterten Ausführung können die Helligkeitswerte der voll beleuchteten Pixels dazu heran- 40 45 50 55

gezogen werden, um einen repräsentativen Wert für die Beleuchtungsstärke zu ermitteln. Hierzu kann beispielsweise aus einer geeigneten Gruppe von Pixels der Mittelwert der Helligkeit gebildet werden. Anhand der ermittelten Beleuchtungsstärke kann die Belichtung so gesteuert werden, dass die zur Verfügung stehenden Wertebereiche optimal ausgenutzt werden; beispielsweise kann die Lichtquelle in ihrer Helligkeit oder ihrer Einschaltdauer so gesteuert werden, dass die Beleuchtungsstärke der voll beleuchteten Pixels wenig unterhalb der Übersteuerungsgrenze des CCD-Bausteins liegt. Bei jedem Messdurchgang wird dann die Beleuchtungsstärke anhand der Verhältnisse des vorangegangenen Durchgangs so korrigiert, dass sich eine gleitende Anpassung der Belichtungsparameter an eventuelle Veränderungen von Bauteileigenschaften, z.B. aufgrund von Alterung, ergibt.

- Kompensation von Verschmutzungen und Pixelabweichungen

In einer erweiterten Ausführung kann der mechanische Aufbau des Sensors so gestaltet werden, dass in einer definierten Phase, z.B. in der Ruhephase vor Ablauf des eigentlichen Dosierhubs, der komplette für den Arbeitsweg genutzte Pixelbereich oder ein interessierender Teilbereich belichtet werden kann. Eine mögliche Ausführung ist z.B., eine der Membran zugewandte Schattenkante 35 für die Auswertung heranzuziehen, wodurch die Schattenkante im Verlauf der Hubbewegung den Sensor überstreicht und einen Bereich der CCD-Zellen abdunkelt, der im vorherigen Ruhezustand beleuchtet war. In dieser Phase können die Helligkeitswerte aller relevanten Pixels ermittelt und in einem Referenzspeicher einzeln abgelegt werden. Abweichungen der Messwerte einzelner Pixels vom Idealwert können z.B. in Form von Korrekturwerten hinterlegt werden. Während der aktiven Bewegungsphase werden dann die Helligkeitswerte jedes Pixels mit Hilfe der zuvor ermittelten Referenzwerte bei jeder Messung zunächst korrigiert und erst dann weiterverarbeitet. Durch dieses Verfahren ist es möglich, fertigungsbedingte Empfindlichkeitsabweichungen einzelner Pixels sowie Verschmutzungen in gewissem Rahmen zu kompensieren und damit die Genauigkeit zu verbessern bzw. die Betriebssicherheit zu erhöhen. Natürlich sind für die CCD-Empfängerzeile auch zwei- oder mehrreihige Anordnungen möglich, um durch Redundanz eine erhöhte Sicherheit gegen Ausfälle, z.B. durch Verschmutzung, zu erreichen bzw. durch Mittelung die Messgenauigkeit zu erhöhen. Für besonders große Hublängen können zwei oder mehr CCD-Zeilen kombiniert werden, um den Messbereich über die Funktionsgrenzen einer einzelnen Zeile hinaus zu erweitern.

Die im Ausführungsbeispiel im Detail beschriebene Motordosierpumpe kann in einzelnen Bereichen und Anordnungen von Komponenten wie dem Motor,

dem Getriebe, dem Exzenterantrieb und sonstigen Konstruktionsdetails von anderen Ausführungsvarianten abweichen. Wesentlich ist jedoch, dass die oszillierende Bewegung, die durch einen Antrieb erzeugt wird, mittels eines Positionssensors abtastbar ist, wobei der Positionssensor ein Istsignal abgibt, welches zur Position des Bezugselements und damit auch zu der des Verdrängungsorgans in einer festen Beziehung steht, so dass mithilfe dieses Wertes Kenntnis über den Bewegungsablauf des Verdrängungsorgans gewonnen wird.

Bezugszeichenliste

[0113]

1	Exzentergehäuse	22	Exzenterträger
2	Motor (Asynchronmotor)	23	Druckfeder (Rückholfeder)
3	Gehäuserippen	5 24	Lagerscheibe
4	Bodenplatte	25	Bund für Druckfeder
5	Gehäusedeckel	26	Buchse in Lagerscheibe
6	Elektronik im Gehäusedeckel	10 27	Buchse im Hubverstellbolzen
7	Verstellorgan	28	Elektronikgehäuse
8	Hubverstellbolzen	15 29	Leistungsschaltstufen für die Motoransteuerung
9	Abdeckhaube	30	Membrankern
10	Steuerleitungen	31	Sensorträger
11	Getriebe (Untersetzungsgetriebe)	20 32	Empfänger, CCD-Baustein
12	Dosierkopf	33	Lichtquelle
13	Membran	25 34	Ansteuerelektronik
14	Einlassventil	35	Schattenkante als Bezugselement
15	Auslassventil	36	Positionssensor
16	Dosierraum	30 37	Differenzierer
17	Exzenterwelle	38	Sollwertvorgabe
18	Längsachse	35 39	Soll-Ist-Vergleich
19	Schubstange	40	PID-Regler
20	Schubbügel	41	Lage-Korrektur
21	Anlauffläche für Exzenter	40 42	Verstärker
		SV	Schattenverlauf
		45 h	heller Bereich
		d	dunkler Bereich
		#58...#65	Zellen (Pixels) des CCD
		50 H	Helligkeitswerte der Pixels
		H _v	Helligkeitswert der Vergleichsschwelle (VS)
		55 H _l	Helligkeitswert des Pixels links vom Schnittpunkt mit der VS (linksseitiges Nachbarpixel)

ΔH_l	Helligkeitsabstand des linksseitigen Nachbarpixels zum Helligkeitswert der Vergleichsschwelle	k1	Faktor für die positionsabhängige Lagekorrektur
H_r	Helligkeitswert des Pixels rechts vom Schnittpunkt mit der VS (rechtsseitiges Nachbarpixel)	k2	Faktor für den Leistungsverstärker
ΔH_r	Helligkeitsabstand des rechtsseitigen Nachbarpixels zum Helligkeitswert der Vergleichsschwelle	k3	Faktor für die Ableitung des Geschwindigkeitssignals
Δx_l	Positionsabstand der Mittellinie des linksseitigen Nachbarpixels zum Schnittpunkt mit der VS	x_S	Sollwert der Position des Verdrängungsorgans
Δx_r	Positionsabstand der Mittellinie des rechtsseitigen Nachbarpixels zum Schnittpunkt mit der VS	x_I	Istwert der Position des Verdrängungsorgans
x_1	Abstand zwischen Schattenkante und CCD-Ebene	x_{SI}	Regelabweichung der Position des Verdrängungsorgans
x_2	Abstand zwischen Schattenkante und Lichtquelle	v_S	Sollwert der Geschwindigkeit des Verdrängungsorgans
x_3	Abstand zwischen CCD-Ebene und Lichtquelle	v_I	Istwert der Geschwindigkeit des Verdrängungsorgans
p_1	Arbeitsdruck p_1	v_{SI}	Regelabweichung der Geschwindigkeit des Verdrängungsorgans
p_2	Arbeitsdruck p_2		
p_3	Arbeitsdruck p_3		
p_4	Arbeitsdruck p_4		
x_{T1}	Totbereich bei Arbeitsdruck p_1		
x_{T2}	Totbereich bei Arbeitsdruck p_2		
x_{T3}	Totbereich bei Arbeitsdruck p_3		
x_{T4}	Totbereich bei Arbeitsdruck p_4		
s	Tatsächliche Bewegung der Schattenkante		
s'	Projizierte Bewegung der Schattenkante		
D	Dosierleistung		
HL	Mechanische Hublänge		
SG	Stellgröße		
KSG	Korrigierte Stellgröße		
MA(U,f)	Motoransteuerung (Spannung, Frequenz)		

Patentansprüche

1. Dosierpumpe mit rotierendem Antriebsmotor und oszillierendem Verdränger, bei der die Drehbewegung eines Antriebsmotors (2) durch eine als Getriebe wirkende Anordnung in eine oszillierende Bewegung einer Schubstange (19) umgesetzt wird, so dass ein durch diese betätigtes Verdrängungsorgan bei fortlaufend rotierendem Antriebsmotor (2) eine oszillierende Linearbewegung durchführt, die in einem in der Längsachse der Schubstange (19) angeordneten Dosierkopf (12) in Zusammenwirken mit einem Auslass- und Einlassventil in abwechselnder Folge zu einem Pumphub (Druckhub) und einem Ansaughub und damit zu einer Förderung des Dosiermediums führt, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit der Schubstange (19) ein Bezugselement (35) verbunden ist, dessen Position von einem Positionssensor (36) abgetastet wird, wobei der Positionssensor ein Ist-Signal (x_I) abgibt, welches zur Position des Bezugselements und damit des Verdrängungsorgans in einer festen Beziehung steht und mit dessen Hilfe Kenntnis über den Bewegungsablauf des Verdrängungsorgans gewonnen wird, so dass die elektronische Steuerung der Dosierpumpe auf Betriebszustände des Dosierkreises und der Pumpe reagieren kann.
2. Dosierpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Positionssensor (36) die Position des Bezugselements (35) nach einem berüh-

rungsfreien Prinzip abtastet.

3. Dosierpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mit der Schubstange (19) verbundene Bezugselement (35) und der Positionssensor (36) außerhalb des Dosierkopfes angeordnet sind. 5
4. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bezugselement (35) den Strahlengang einer Lichtquelle (33) beeinflusst und der mit ihm zusammenwirkende Positionssensor (36), der im Pumpengehäuse oder an einem sonstigen ruhenden Teil fest angeordnet ist, nach einem lichtempfindlichen Empfängerprinzip arbeitet. 10 15
5. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bezugselement (35) ein Schattenkörper bzw. eine schattengegebende Kontur ist und der mit ihm zusammenwirkende Positionssensor (36), der im Pumpengehäuse oder an einem sonstigen ruhenden Teil fest angeordnet ist, aus einem optischen Empfänger (32) in Form einer Reihe lichtempfindlicher ladungsgekoppelter Empfängerzellen besteht (charged coupled device, kurz CCD genannt). 20 25
6. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Positionssensor (36) auf einem eigenen Sensorträger (31) angeordnet ist, der mit dem Pumpengehäuse oder einem sonstigen ruhenden Teil fest verbunden ist. 30
7. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtquelle (33), der Schattenkörper bzw. die schattengegebende Kontur (35) und der Empfänger (32) eine lichtschränkenähnliche Anordnung darstellen und die Messwerte kontinuierlich oder taktweise der elektronischen Steuerung zugeführt werden. 35 40
8. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der optische Empfänger (32) des Positionssensors (36) aus einer Anzahl linear angeordneter Empfänger (Pixels), vorzugsweise 128 Pixels, besteht. 45 50
9. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtquelle (33) eine Leuchtdiode (LED) ist, die so gegenüber dem optischen Empfänger (32) des Positionssensors (36) angeordnet ist, dass deren Lichtstrahlenbündel auf dem direkten Weg zum Empfänger durch die Schubstange (19) 55

nicht behindert wird.

10. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ausgangswert des Positionssensors (36) durch Interpolation der Helligkeitswerte mehrerer im Schattenübergangsbereich liegender Pixels gebildet wird.
11. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Verarbeitung der Signale des Positionssensors (36) Filtermaßnahmen eingesetzt werden.
12. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Nulllagefehler des Positionssensors (36) mittels eines Referenzspeichers eliminiert werden.
13. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Skalierungsfehler des Positionssensors (36) durch Anfahren einer oder mehrerer Referenzpositionen eliminiert werden.
14. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Belichtungsschwankungen des Positionssensors (36) durch eine Steuerung oder Regelung der Lichtquelle (33) anhand der gewonnenen Helligkeitswerte der Pixels ausgeglichen werden.
15. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Helligkeitsschwankungen zwischen einzelnen Pixels des optischen Empfängers (32) durch Einbeziehen eines Referenzspeichers für die Empfindlichkeit jedes Pixels kompensiert werden.
16. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erkennung, auf welchen Wert das Hubverstellorgan (7) eingestellt ist, durch Messung während der Dosierung unmittelbar über den Positionssensor (36) erfolgt.
17. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuerung durch Auswertung des Positionssensorsignals (36) eine Blockade des Verdrängungsorgans bzw. einen unvollständig ausgeführten Hub erkennt.
18. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Antriebsmotor (2) nach einem schlupfbefahenen Prinzip arbeitet, indem z.B. ein Asynchron-

motor eingesetzt wird, und die elektronische Steuerung aus der durch die Ansteuerung vorgegebenen Solldrehzahl des Antriebsmotors und der bekannten Getriebecharakteristik eine Sollhubfrequenz bzw. eine Sollhubperiode für das Verdrängungsorgan ermittelt und zusätzlich durch Auswertung des Positionssensorsignals (36) die tatsächliche Hubfrequenz bzw. die tatsächliche Hubperiode des Verdrängungsorgans erfasst, wobei sie durch Vergleich der tatsächlichen Hubfrequenz mit der Sollhubfrequenz bzw. der tatsächlichen Hubperiode mit der Sollhubperiode des Verdrängungsorgans den Schlupf des Antriebsmotors errechnet und dessen Solldrehzahl so verändert, dass sich das Verdrängungsorgan letztendlich mit der gewünschten Hubfrequenz bewegt.

19. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Antriebsmotor (2) nach einem schlupfbeeinträchtigten Prinzip arbeitet, indem z.B. ein Asynchronmotor eingesetzt wird, und die elektronische Steuerung aus der durch die Ansteuerung vorgegebenen Solldrehzahl des Antriebsmotors und der bekannten Getriebecharakteristik eine Sollhubfrequenz bzw. eine Sollhubperiode für das Verdrängungsorgan ermittelt und zusätzlich durch Auswertung des Positionssensorsignals (36) die tatsächliche Hubfrequenz bzw. die tatsächliche Hubperiode des Verdrängungsorgans erfasst, wobei sie durch Vergleich der tatsächlichen Hubfrequenz mit der Sollhubfrequenz bzw. der tatsächlichen Hubperiode mit der Sollhubperiode des Verdrängungsorgans den Schlupf des Antriebsmotors errechnet und weiter die elektronische Steuerung aus dem so ermittelten Schlupf des Antriebsmotors und der bekannten Getriebecharakteristik die auf das Verdrängungsorgan wirkende Kraft ermittelt und so einen Rückschluss auf den Arbeitsdruck des Dosiermediums vornimmt.

20. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Antriebsmotor (2) nach einem schlupfbeeinträchtigten Prinzip arbeitet, indem z.B. ein Asynchronmotor eingesetzt wird, und die elektronische Steuerung aus der durch die Ansteuerung vorgegebenen Solldrehzahl des Antriebsmotors und der bekannten Getriebecharakteristik für jeden Moment des Dosiervorgangs eine Sollgeschwindigkeit für das Verdrängungsorgan ermittelt und zusätzlich durch Auswertung des Positionssensorsignals (36) die tatsächliche Geschwindigkeit des Verdrängungsorgans erfasst, wobei sie durch Vergleich der tatsächlichen Momentangeschwindigkeit mit der Sollgeschwindigkeit des Verdrängungsorgans den momentanen Schlupf des Antriebsmotors errechnet und daraus, wiederum in Zusammenhang mit der bekannten Getriebecharakteristik, auf den momentanen Kraftver-

lauf am Verdrängungsorgan schließt.

21. Dosierpumpe nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuerung aus dem beobachteten Kraftverlauf am Verdrängungsorgan einen Rückschluss auf den Arbeitsdruck des Dosiermediums vornimmt.

22. Dosierpumpe nach Anspruch 19 oder Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuerung aus dem ermittelten Arbeitsdruck des Dosiermediums einen Betrieb außerhalb des spezifizierten Druckbereichs erkennt und die Dosierung bei Überschreiten eines durch die Spezifikation der Dosierpumpe bzw. durch eine Benutzereingabe vorgegebenen maximal zulässigen Drucks bzw. bei Unterschreiten eines vorgegebenen Minimaldrucks einstellt.

23. Dosierpumpe nach Anspruch 19 oder Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verdrängungsorgan eine teilweise elastische Membran (13) ist, bei der die elektronische Steuerung aus dem ermittelten Arbeitsdruck des Dosiermediums und der bekannten Abhängigkeit der Dosierleistung vom Arbeitsdruck einen zu erwartenden Dosierfehler ermittelt und die Drehzahl des Antriebsmotors (2) und damit die Hubfrequenz so beeinflusst, dass diesem zu erwartenden Dosierfehler entgegengewirkt wird.

24. Dosierpumpe nach einem oder mehreren der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das aus dem Positionssensor (36) ausgelesene Signal (x_i) für die Position der Schubstange (19) über einen Regelkreis im Rahmen seiner Regelgenauigkeit die Drehzahl des Antriebsmotors (2) und als Folge die Linearbewegung der Schubstange und damit des Verdrängungsorgans so beeinflusst, dass sie einem vorgegebenen Sollwertprofil (38) folgt.

25. Dosierpumpe nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung alternativ die Position (im folgenden x_i genannt), die Geschwindigkeit (im folgenden v_i genannt) oder die Beschleunigung des Verdrängungsorgans über eine Regeleinrichtung durch Veränderung der Drehzahl des Antriebsmotors (2) beeinflusst.

26. Dosierpumpe nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung v_i des Verdrängungsorgans in der Ansaugphase und/oder in der Druckphase gezielt herabsetzen kann, um Druckverlusten, die durch Strömungswiderstände verursacht werden, bzw. dem Entstehen von Kavitation entgegenzuwirken.

27. Dosierpumpe nach Anspruch 24, **dadurch gekenn-**

zeichnet, dass die gewünschte Hublänge durch eine Bedienvorgabe der Regeleinrichtung mitgeteilt und durch die Regeleinrichtung die Bewegung des Verdrängungsorgans elektronisch auf die auszuführende Hublänge begrenzt wird, indem die Regeleinrichtung den Antriebsmotor (2) nach Ausführen der gewünschten Hublänge anhält, in den Reversierbetrieb umschaltet und so im Anschluss einen Ansaughub durchführt und den Motor dann anhält bzw. den darauffolgenden Druckhub ausführt.

28. Dosierpumpe nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung die Vorwärtsbewegung des Verdrängungsorgans während der Druckphase durch Ansteuern des Antriebsmotors (2) so auf die durch die Folgefrequenz der Dosierhübe vorgegebene Zeit verteilt, dass die Ausbringung des Dosiermediums möglichst gleichmäßig erfolgt, bis hin zu sehr langsam ausgeführten Dosierhüben von z.B. einigen Minuten.
29. Dosierpumpe nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verdrängungsorgan eine teilweise elastische Membran (13) ist und die elektronische Steuerung aus dem momentanen Kraftverlauf an der Membran (13) das Öffnen des Auslassventils (15) erkennt und mithilfe dieser Beobachtung den Totbereich, der aufgrund der elastischen Verformung der Membran (13) entsteht, misst.
30. Dosierpumpe nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** der tatsächlich ausgeführte Hubweg abhängig von der ermittelten Membranverformung beeinflusst wird, indem die Regeleinrichtung den Antriebsmotor (2) nach Ausführen der gewünschten Hublänge ab dem Öffnen des Auslassventils (15) anhält, in den Reversierbetrieb umschaltet und so im Anschluss einen Ansaughub durchführt und den Motor dann anhält bzw. den darauffolgenden Druckhub ausführt, so dass der durch die Membranverformung verursachte Fehlerbeitrag (bezogen auf den Hubweg bzw. das dosierte Volumen) eliminiert und so die Abhängigkeit der Dosiermenge vom Gegen-
druck wesentlich vermindert wird.
31. Dosierpumpe nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** die tatsächlich ausgeführte Hubfrequenz abhängig von der ermittelten Membranverformung beeinflusst wird, indem die Regeleinrichtung einen Korrekturwert für den durch die Membranverformung verursachten Fehlerbeitrag (bezogen auf den Hubweg bzw. das dosierte Volumen) ermittelt und die Solldrehzahl des Antriebsmotors (2) mithilfe dieses Korrekturwerts so verändert, dass der durch die Membranverformung verursachte Fehlerbeitrag eliminiert wird.

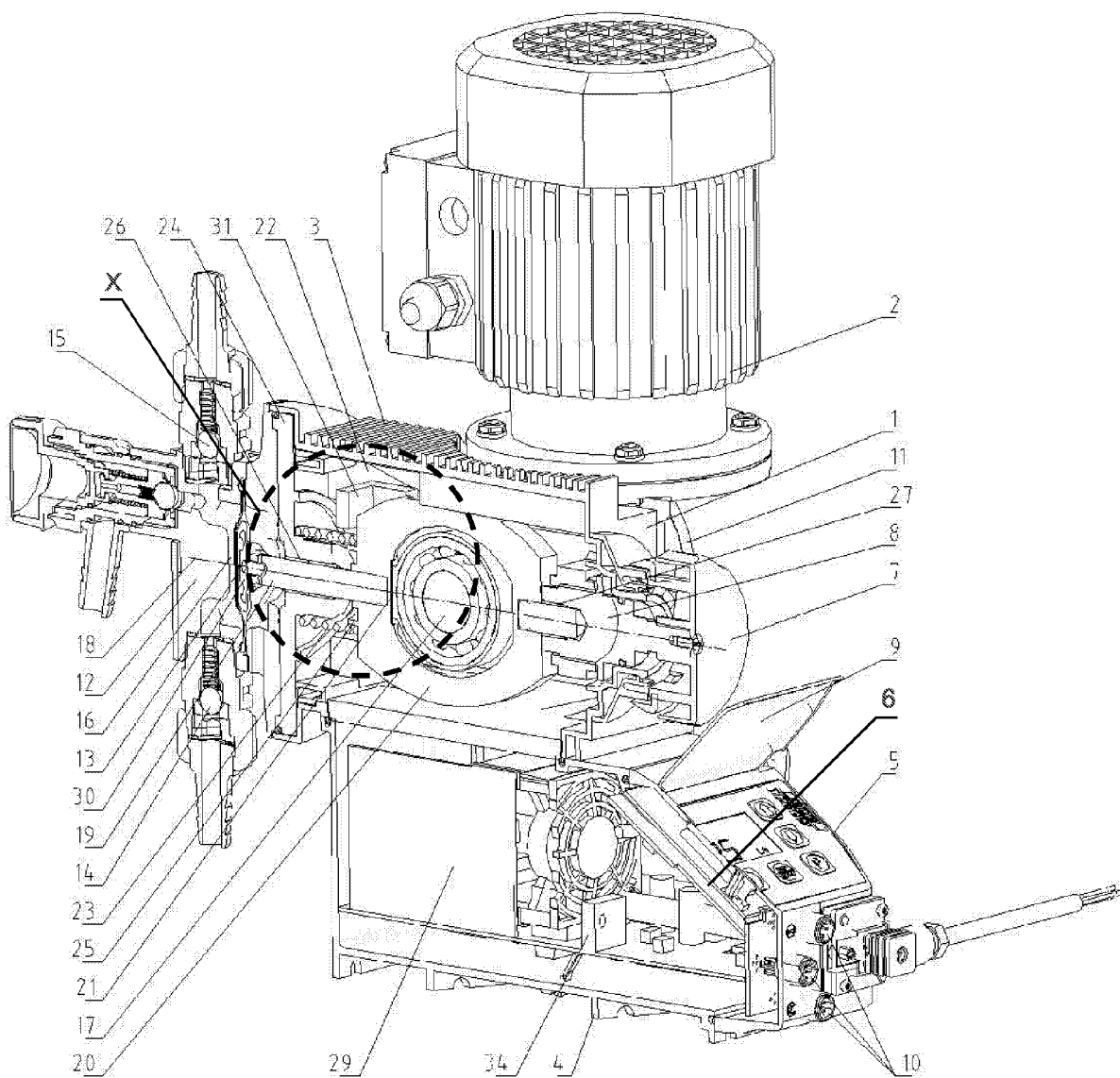


Fig. 1

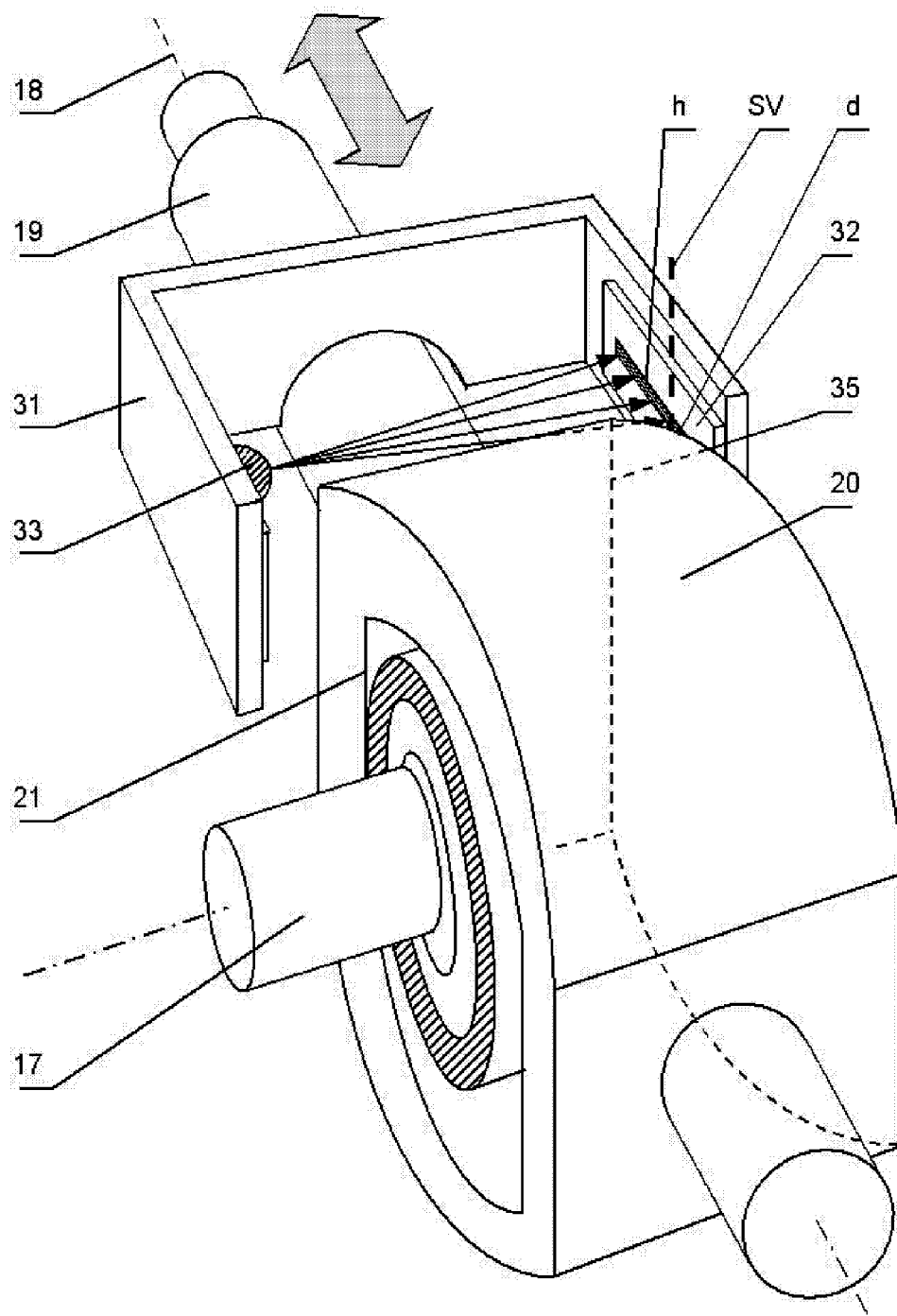


Fig. 2

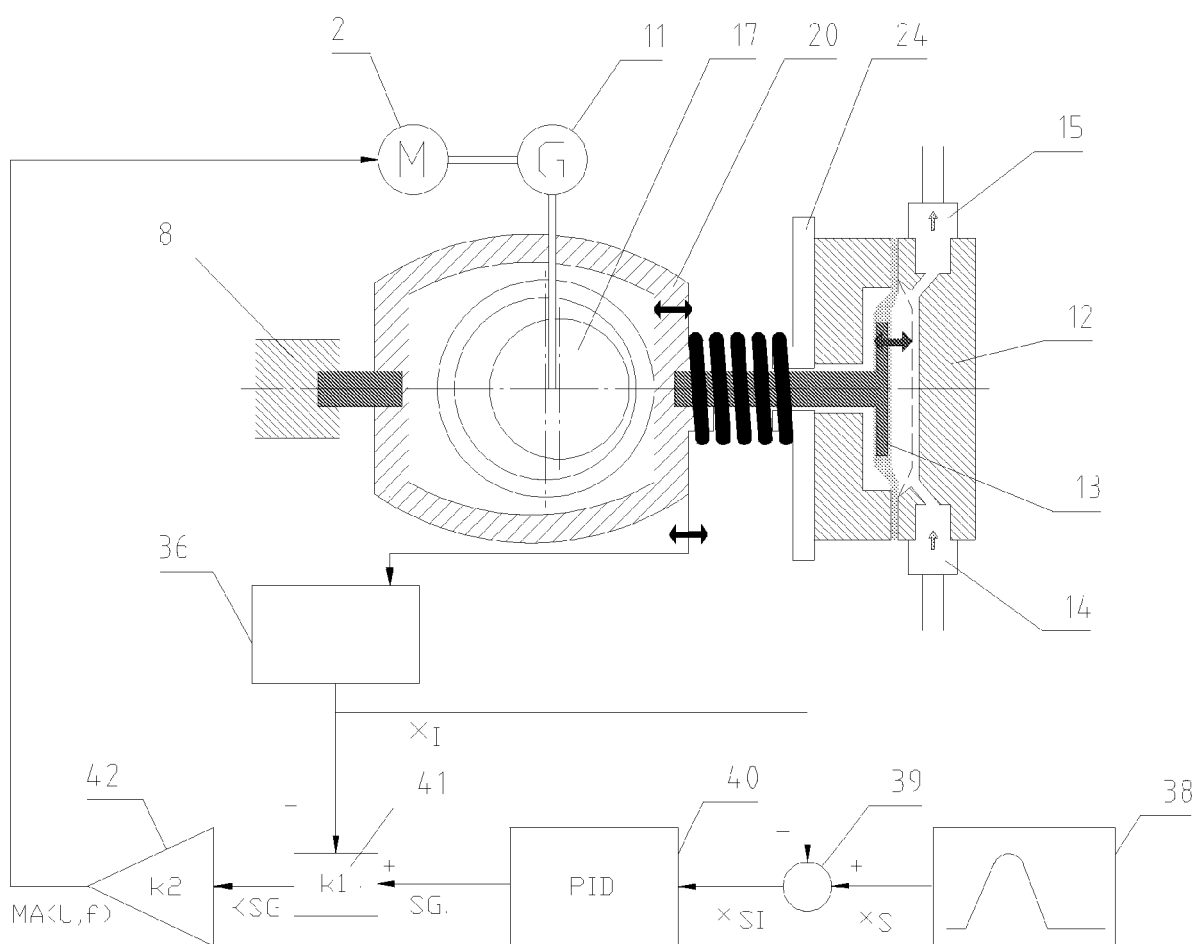


Fig. 3

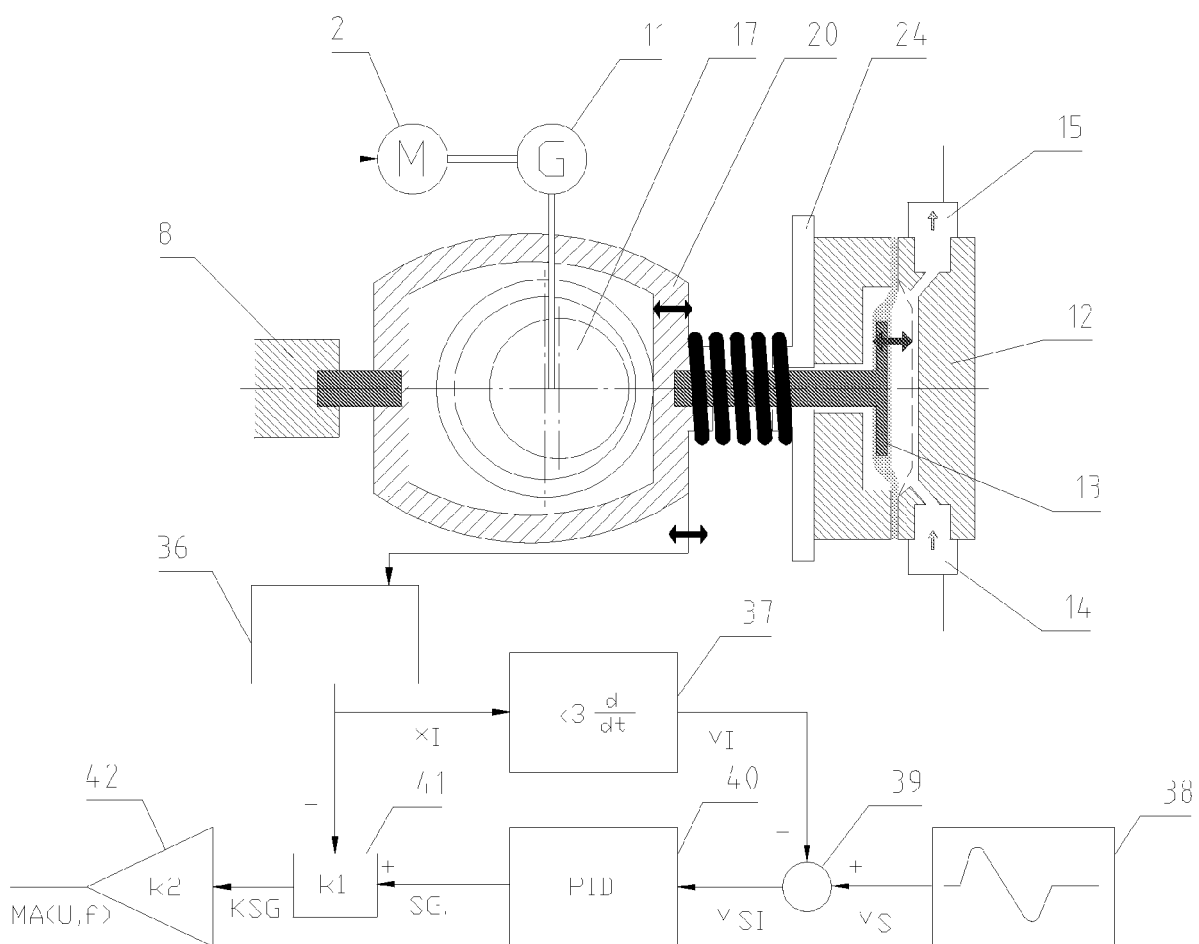


Fig. 4

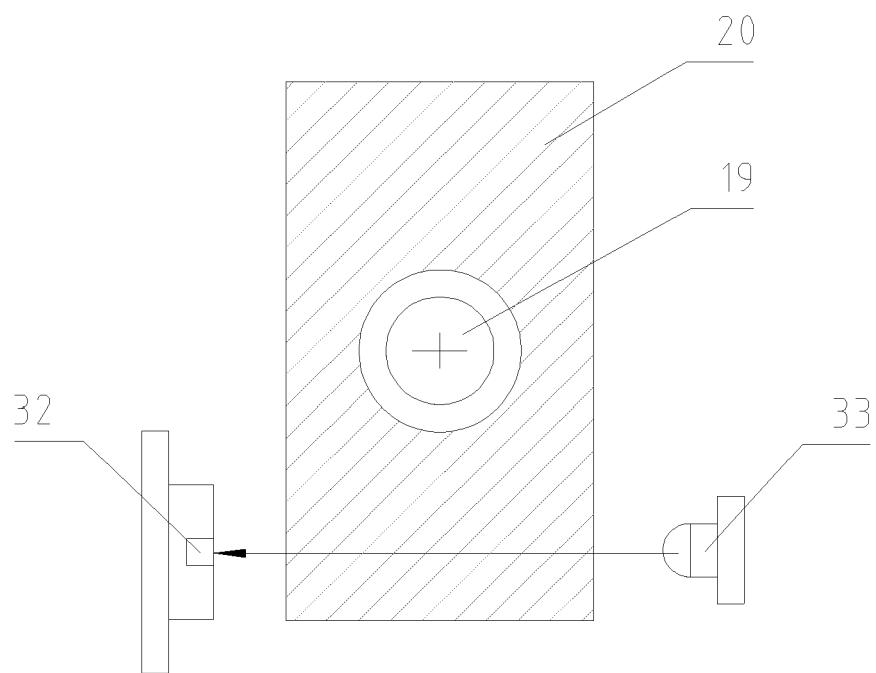


Fig. 5

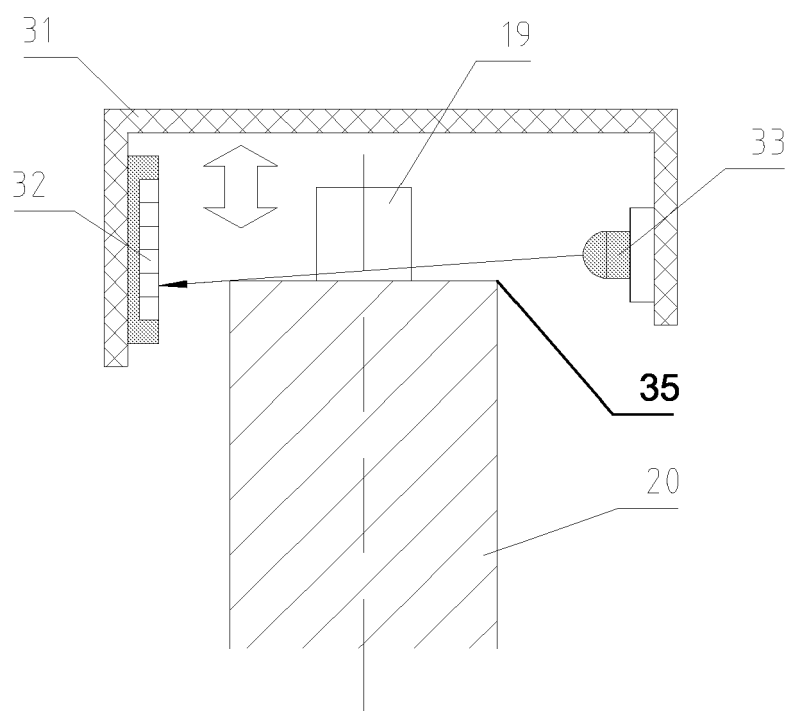


Fig. 6

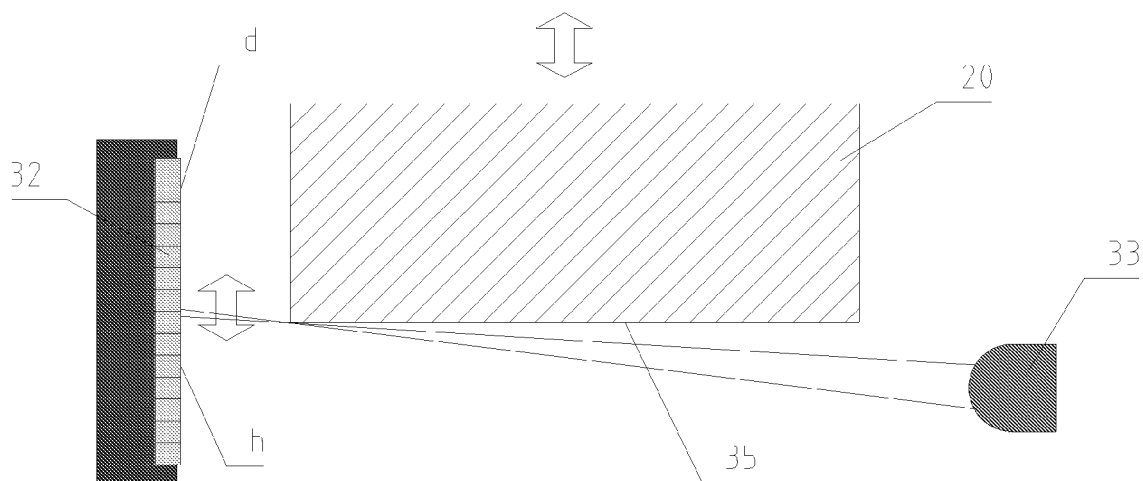


Fig. 7

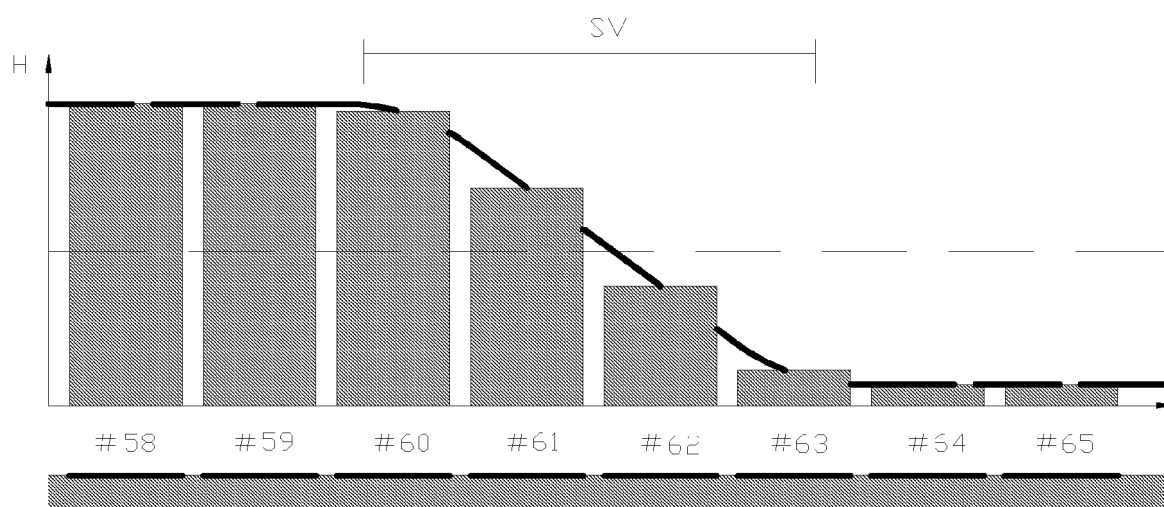


Fig. 8

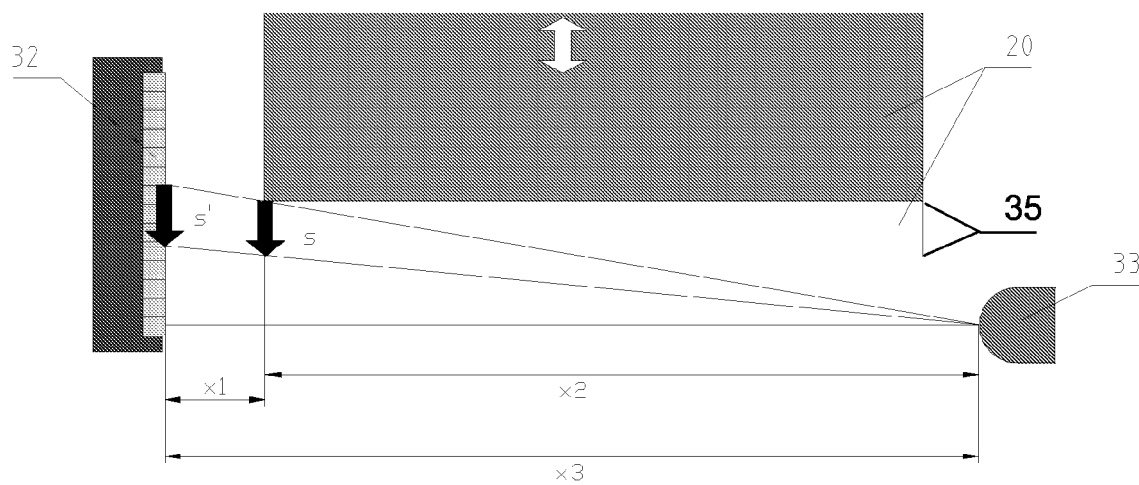


Fig. 9

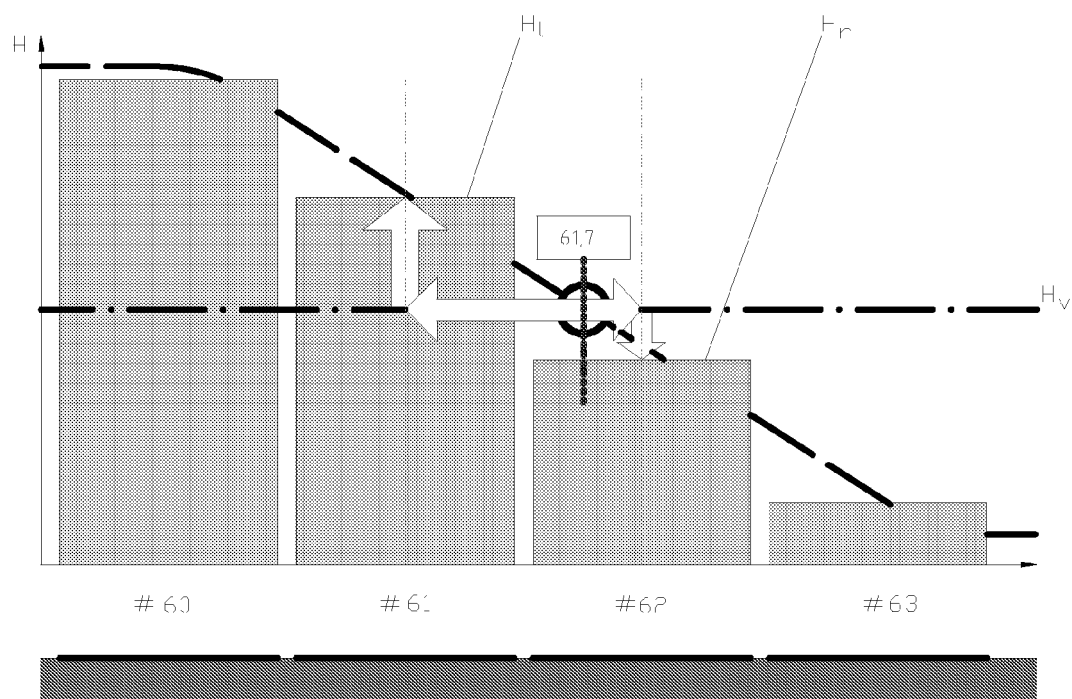


Fig. 10

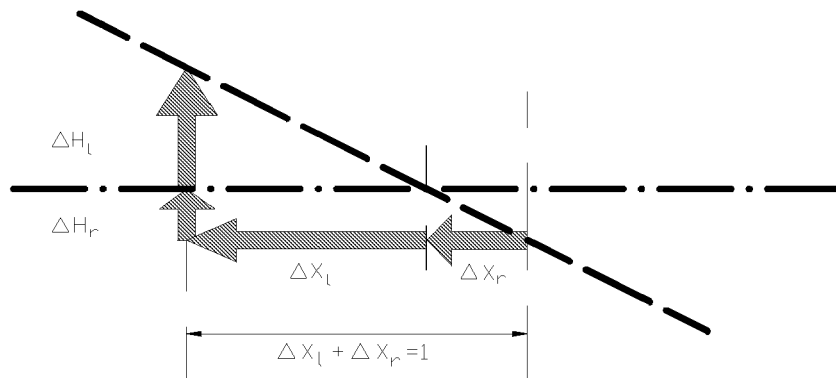


Fig. 11

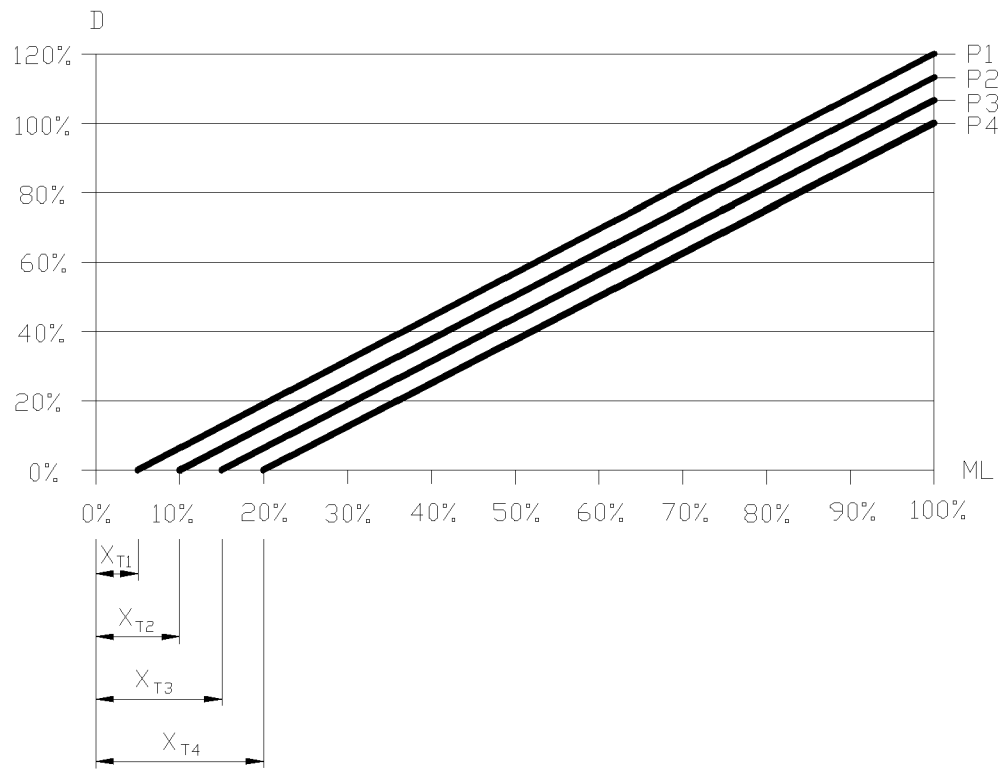


Fig. 12