

(19)



(11)

EP 4 043 731 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

19.03.2025 Patentblatt 2025/12

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

F04C 2/107^(2006.01) F04C 14/28^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22156775.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

F04C 14/28; F04C 2/1071; F04C 2/1073;

F04C 2240/81; F04C 2270/035

(22) Anmeldetag: **15.02.2022**

(54) **EXZENTERSCHNECKEN-MIKRODOSIERVORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINER EXZENTERSCHNECKEN-MIKRODOSIERVORRICHTUNG**

ECCENTRIC SCREW MICRO DOSING DEVICE AND METHOD FOR CONTROLLING AN ECCENTRIC SCREW MICRO DOSING DEVICE

DISPOSITIF DE MICRODOSAGE À VIS EXCENTRIQUE ET PROCÉDÉ DE CONTRÔLE D'UN DISPOSITIF DE MICRODOSAGE À VIS EXCENTRIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

• **BUCHHAUSER, Manfred**

85445 Oberding (DE)

• **WANKA, Thomas**

87600 Kaufbeuren (DE)

• **VON LÜCKEN, Hans-Jörg**

85229 Eichhofen (DE)

(30) Priorität: **16.02.2021 DE 102021103615**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

17.08.2022 Patentblatt 2022/33

(74) Vertreter: **Winter, Brandl - Partnerschaft mbB**

Alois-Steinecker-Straße 22

85354 Freising (DE)

(73) Patentinhaber: **Vieweg GmbH**

85402 Kranzberg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

WO-A1-2014/031436 WO-A1-2016/119775

WO-A1-2019/215242 DE-A1- 10 063 953

(72) Erfinder:

• **VIEWEG, Til**

85402 Kranzberg (DE)

EP 4 043 731 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Exzentrerschnecken-Mikrodosiervorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und ein Verfahren zur Steuerung eines Mikrodosierprozesses gemäß dem Patentanspruch 7.

[0002] Bekanntlich wird industrielle Fertigung erst möglich durch Reproduzierbarkeit und Prozesskontrolle über alle Herstellungsphasen, weil eine die Produktion begleitende Prozessverbesserung die laufende Optimierung ermöglicht, die die Wettbewerbsfähigkeit dauerhaft erhält.

[0003] Entsprechend brisant sind Kenntnis und Monitoring aller den Fertigungsprozess bestimmenden Zustände von Dosiervorrichtungen in einer Fertigungsanlage.

[0004] Mit immer leistungsfähigeren flüssigen und pastösen Funktionswerkstoffen und der Miniaturisierung entwickelte sich auch der Bedarf, Flüssigkeiten und Pasten im industriellen Fertigungsprozess immer genauer und schneller präzise zu dosieren, wobei das Dosiergut z.B. Vorfizieren und Kleben, elektrisch und thermisch Kontaktieren, Abschirmen und hermetisch Kapseln und immer weitere Funktionalitäten übernimmt. Inzwischen werden sogar die eigentlichen, funktionalen Bauelemente über Dosierprozesse hergestellt, wie beispielsweise optische Linsen, Leiter oder Streukörper etc. im 3D-Druck. Allerdings führt die innovative Ausdifferenzierung der immer leistungsfähigeren, anwendungsspezifischen Medien zu extremen Dosiereigenschaften: hohe und/oder abrasive Feststoffbeladung im Dosiergut (wie z.B. bei Wärmeleitpasten oder der LED-Leuchtstoffe), enge Prozessfenster für Temperatur, Druck, Agitation bzw. kinetischen Energieeintrag oder Topfzeit fordern immer genauere Abstimmung der Dosiervorrichtung auf die aktuell wirksame "Systemsituation" aus Dosiergut, Dosierer und Prozessanforderung.

[0005] Mit Miniaturisierung und Produktivitätssteigerung einhergehend wächst die Anforderung, immer kleinere Mengen mit hoher Präzision und Wiederholgenauigkeit ab zu dosieren, wobei Prozesszuverlässigkeit und Anlagenverfügbarkeit wesentliche Kriterien der Dosiermethodenwahl sind.

[0006] Dosiervorrichtungen mit Exzentrerschneckenpumpen mit ihren selbstdichtenden Rotor-Stator-Passungen sind durch ihre exakt volumetrische Funktionsweise sehr vielseitig anwendbar. Solange diese im regulären Betriebsbereich arbeiten, fördern sie das Dosiergut -inklusive etwaiger Füllstoffe- exakt drehwinkelproportional, wenn auch mit definierten, leicht zu mittelnden Förderereinbrüchen durch Öffnungs- und Schließphasen der Schneckenkammern. Eine Regelung des Antriebsmotors der Exzentrerschneckenpumpe verwendet daher Drehzahl und Drehwinkel als Zielgrößen des volumetrischen Dosierbetriebs. Die positionierbewegungssynchrone Regelung der Drehzahl ermöglicht dann eine örtlich konstante Abdosiermenge, also z.B. einen gleichmäßigen Dosiergutauftrag am Target. Dabei sind typisch

tribologische u.a. wechselwirkende Grenzflächeneigenschaften zwischen Exzentrerschneckenpumpe und Dosiergut sowie Viskositätsverhalten des Dosiergutes bestimmend für Leistung, Standzeit und Zuverlässigkeit - und stark verschleißabhängig.

[0007] Der individuelle Dosierprozess wird gemäß dem Stand der Technik aufgrund allgemeiner Erfahrungswerte über die verfügbaren Parameter grob voreingestellt und anschließend durch Versuchsreihen feinjustiert, bis das gewünschte Ergebnis stabil erreicht wird. Dieser Zustand muss dann bei Abweichungen schnell und geeignet nachgeregelt werden, wozu bis heute die Qualitätssicherung bzw. der Prozessverantwortliche über regelmäßige Stichproben anhand des Dosierergebnisses (meist an abgelegten Dosierungen oder z.B. am fertigen Zwischenprodukt) gefordert ist. Dies wird vereinzelt auch bereits über automatische Prozesse erledigt, z.B. über die bildverarbeitungstechnische Bewertung des platzierten Dosiergutes.

[0008] Treten dann im hochproduktiven Serieneinsatz Qualitätsprobleme oder gar Dosierunterbrechungen auf, so müssen fragwürdige Chargen rückverfolgt werden bis zur ersten Grenzmusterverletzung, der Fertigungsprozess muss gestoppt und der Dosierprozess muss nachgebessert werden, bevor die Serienproduktion wieder anläuft. Schaden und Aufwand können erheblich sein und die kalkulierbare Anlagenverfügbarkeit leidet, die Zuverlässigkeit steht infrage.

[0009] Besondere Brisanz gewinnt die vorliegende Erfindung durch das innovative Streben des Marktes in Richtung der Minimalmengendosierung bei immer extremerer Ausdifferenzierung von Dosierguteigenschaften für die Herstellung hoch werthaltiger Zielprodukte: aufgewendete Dosiergutmenge und Zielproduktausbeute sind wirtschaftlich hochrelevante Faktoren und daher im Fokus des Marktes, während der Aufwand an Produktionsmitteln angesichts der hohen Produktivität moderner Fertigungsanlagen kaum mehr ins Gewicht der Stückkosten fällt und so die Investitionen in innovative Anlagentechnologie mehr als rechtfertigt.

[0010] Gemäß dem Stand der Technik regeln Dosiervorrichtungen mit Exzentrerschneckenpumpen (und darüber hinaus auch mit Exzentrerschrauben-, Endloskolben-, Monho-/Moineau- oder Peristaltikpumpen) typischerweise mit Drehzahl und Drehwinkel am Antriebsmotor als Zielgröße, weil diese im störungsfreien und unverschlissenen regulären Betriebsbereich einem eindeutig kalkulierbaren Dosierstrom bzw. Dosiervolumen aus der Rotor-Stator-Baugruppe entsprechen.

[0011] Dass die Rotor-Stator-Passungseigenschaften extrem relevant für den Dosierprozess sind, wie sich in den Phänomenen der praktischen Verwendung zeigt, bleibt dabei unberücksichtigt und muss durch vorbeugende Nutzungsbeschränkungen und einzugehende Prozessrisiken einkalkuliert werden.

[0012] Bekannte derartige Phänomene sind z.B.

- hohe Losbrechkräfte der Passung beim Anfahren

- (Slip-, Stick- und Schwingungstendenz)
- mangelnde Kammerfüllung
- temperaturabhängige Passungseigenschaften
- medienabhängige Passungseigenschaften
- medienabhängiges Drehmoment
- medienabhängiger Verschleiß
- verschleißbedingte Dosierprozessveränderung (Passungsänderung)
- "plötzlicher", unvorhergesehener (Rotorstrang-) Bruch oder Blockade bzw. Totalausfall
- u.a. kinetisch bedingte Medienveränderung (prozessparameterabhängig)
- Veränderungen im, und Rückwirkungen aus dem nachgeschalteten Dosierstrang (z.B. Verstopfen der Dosiernadel)

[0013] Als Kriterien für Wartungsbedarf und Verschleißzustand werden Erfahrungswerte inklusive vorzusehender Standzeitreserven angesetzt, die möglichst mit vergleichbar beanspruchendem Dosiergut und Prozessbedingungen gewonnen wurden. Dabei ergeben sich wachsende Unzulänglichkeiten in dreierlei Hinsicht: das Risiko des plötzlichen Versagens ist mit immer höherwertigem Produktionsausschuss verbunden. Tatsächlich vergleichbare Vorerfahrungen werden selten wegen der fortschreitenden, anwendungsspezifischen Ausdifferenzierung von Dosierguteigenschaften hin zu "High-Tech"-Eigenschaften mit typisch extremen und engen Prozessfenstern. Dazu kommt eine höhere Produktivität der Fertigungslinien mit entsprechend hohem Produktionsausfall bei Stillstand oder Fehlproduktion.

[0014] Gemäß dem Stand der Technik treten also durch mangelnde Kenntnis des aktuellen System- und Verschleißzustandes beispielsweise ein Abdriften der Dosiergenauigkeit, ein Abplatzen einer verstopften Dosiernadel oder der spontane Bruch des Antriebsstranges mit entsprechend kostenträchtigen Folgen auf.

[0015] Dem gegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, eine Mikrodosiervorrichtung und Verfahren zur Steuerung eines Mikrodosierprozesses zu schaffen, die bzw. das die vorbeschriebenen Nachteile vermeidet.

[0016] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Mikrodosiervorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und Verfahren zur Steuerung eines Mikrodosierprozesses mit den Merkmalen des Patentanspruchs 7.

[0017] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen beschrieben.

[0018] Erfindungsgemäß wird die Erkenntnis genutzt, dass eine pragmatisch relevante Subsummierung aktueller Einflüsse sich in dem Verlauf des Drehmoments am Förderrotor oder Förderstator manifestiert und dieser somit die vorrangig auszuwertende Größe der Regelung darstellt.

[0019] Vorzugsweise wird die Nachregelung über Antriebsdrehmoment und Drehwinkel bzw. der daraus abgeleiteten Drehzahl des Förderrotors sowie die eher

tragen Stellgrößen Temperatur oder Staudruck an Dosiergutzuführung und Exzentrerschneckenpumpe erfolgen. Je nach Dosiervorrichtung und Dosiergut stehen auch andere Stellgrößen im Regelkreis zur Verfügung, die ebenfalls durch die erfindungsgemäße, feinfühligere Zustandserfassung zu schneller Nachregelung oder Wartungsplanung noch vor Auftreten echter Qualitätsmängel oder gar einem Anlagenausfall nutzbar sind.

[0020] Die vorliegende Erfindung ermöglicht es, bereits sich anbahnende Abweichungen des Dosierprozesses frühzeitig und vorzugsweise automatisch zu erkennen, mit Blick auf mögliche Stellgrößen zu analysieren und damit den umgehenden Nachregelprozess zu befähigen, ohne dass eine Fertigungsunterbrechung oder Ausschussproduktion überhaupt anfällt. Die Standzeit der Produktionsmittel und die Topfzeit des Dosiergutes werden zuverlässig und voll ausschöpfbar, also ohne Notwendigkeit vorzusehender und jedenfalls verlorener Sicherheitsreserven.

[0021] Weiterhin erschließt die Erfindung völlig neue Anwendungsstrategien, indem es immer ausgehend vom aktuellen Funktionszustand die völlige Kontrolle über den Dosierprozess schafft und somit beispielsweise auch "schlechte" Passungen zwischen Förderrotor u. Förderstator noch bis zum Rand des Prozessfensters genutzt werden können: Passungen, die bislang wegen zweifelhafter Standzeiterwartung vorsorglich verworfen wurden, können durch erfindungsgemäßes Vorgehen risikofrei bis zur Verschleißgrenze gefahren werden. Auch beispielsweise die Nachführung einer passungsrelevanten Anstellkraft wird durch die erfindungsgemäße Drehmomentenerfassung anwendbar, ebenso viele andere Methoden, die funktionsrelevanten Passungslinien der Exzentrerschneckenpumpe nachzuregeln, um die Dosiereigenschaften anzupassen oder die Nutzungsdauer zu verbessern.

[0022] Durch Verschleiß der Rotor-Stator-Passung sinkt das bei unveränderten Medienverhältnissen je Drehwinkel aufzuwendende Drehmoment, während die Anstiegsflanken flacher werden können und sich deren Phasenlage gegenüber dem Neuzustand verschiebt. Das Ein- und Überschwingverhalten verändert sich signifikant. Die beobachteten Phänomene lassen sich durch besondere Ansteuerzyklen noch verdeutlichen.

[0023] Das vom Antrieb des Förderrotors zu überwindende Drehmoment bildet bei entsprechend feinfühligere Erfassung, unter Korrelation zu einem bekannten Normzustand und ggf. der individuellen Vorgeschichte, die Gesamtheit der aktuell relevanten Eigenschaften der funktionalen Exzentrerschneckenpumpe hinreichend ab, so dass eine serienproduktionsgerechte Zuverlässigkeit im Dosierprozess höchster Präzision daraus ableitbar ist. Prozessschwankungen können daran orientiert ausgeglichen, Wartungsbedarf vorhergesehen und unvorhergesehene Produktionsunterbrechungen vermieden werden.

[0024] Sowohl das eingeschwungene Drehmoment, als auch beispielsweise Anfahrampen mit deren Flan-

kensteilheit, Phasenlage und Überschwingverhalten liefern deutliche Hinweise zum Verschleißzustand der Exzentrerschneckenpumpe. Eigens definierte Antriebszyklen können die Zustandsanalyse der Exzentrerschneckenpumpe (und des Dosierguts) erleichtern.

[0025] Die Einbeziehung weiterer Produktionsprozessinformationen perfektioniert Leistung, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Dosiervorrichtung in Richtung Produktivität, Kosteneffizienz und Ergebnisqualität. Es ergeben sich neue Einsatzmöglichkeiten bspw. in der präzisen Mikrodosierung.

[0026] Erfindungsgemäß sind Veränderungen in der Dosiergenauigkeit durch feinfühliges Überwachung des Drehmoments erkenn- und ausregelbar, und die Annäherung an eine Dosierprozessgrenze kann durch einen bedarfsgerechten Wartungsplan kalkulierbar abgefangen werden. Dies ermöglicht auch die gefahrlose Ausschöpfung der maximal möglichen Nutzungsdauer der hochwertigen Dosierkomponenten.

[0027] Im Übrigen ermöglicht die feine Ausregelbarkeit gemäß der Erfindung auch immer kleinere Abdosierungen zuverlässig mit der erforderlichen Genauigkeit.

[0028] Die vorliegende Erfindung schließt eine Lücke bei Monitoring und Prozessregelung und beseitigt damit hohe Risiken für Qualität und Anlagenverfügbarkeit. Sie schafft die Voraussetzung für Industrie_4.0- und selbstlernende (KI) Verwendungen.

[0029] Die konkret beanspruchte Mikrodosiervorrichtung hat eine Exzentrerschneckenpumpe, die einen Förderstator und Förderrotor aufweist, wobei der Förderrotor mittels eines Antriebs relativ gegenüber dem Förderstator drehbar ist. Erfindungsgemäß ist ein Drehmomentsensor zur Erfassung des effektiv am Förderrotor oder am Förderstator anliegenden Drehmoments vorgesehen.

[0030] Die Mikrodosiervorrichtung bzw. der Mikrodosierprozess kann durch zumindest eines der folgenden Merkmale gekennzeichnet sein:

- Das Volumen der Einzelabgaben ist im Mikroliterbereich (ul) (entspricht Milligrammbereich) oder darunter, das Volumen der Einzelabgaben ist also weniger als 1 Milliliter (ml).
- geringe Durchflussmengen, also weniger als 2 Milliliter pro Sekunde (ml/s), insbesondere weniger als 1 Milliliter pro Sekunde (ml/s).
- kleine Totraumverluste (d.h. geringer Verbrauch an Dosiergut bis zur ersten Dosierabgabe)
- hohe Genauigkeitsanforderung inkl. Wiederholgenauigkeit
- Erhalt der oft hochempfindlichen Eigenschaften des Dosierguts (Viskositäten, Topfzeiten uvm.)
- die Funktionalität des Abdosierten hängt von der Präzision des Auftrags ab, nicht nur vom Volumen. Die Exzenterpumpe und das Dosiergut müssen also wegen starker wechselseitiger Beeinflussung gemeinsam geregelt werden. Das Verhältnis der berührenden Oberflächen der Exzenterpumpe zum

Dosiergutvolumen ist groß.

[0031] Der Drehmomentsensor ist bei einem ersten Grundprinzip der Erfindung in einen Rotorstrang zwischen dem Antrieb und der Exzentrerschneckenpumpe kraftschlüssig integriert. Damit rotieren zumindest wesentliche Teile des Drehmomentsensors.

[0032] Bei einem zweiten Grundprinzip der Erfindung ist der Drehmomentsensor in einen Statorstrang zwischen dem Gehäuse oder dem Statorkoppelgehäuse und der Exzentrerschneckenpumpe integriert. Damit ist der Drehmomentsensor gehäusefest.

[0033] Der Drehmomentsensor ist beim ersten Grundprinzip - vorzugsweise über adaptierende Kupplungen - seriell zwischen dem Antrieb und der Exzentrerschneckenpumpe, also z.B. in den Rotorstrang eingebracht.

[0034] Beim zweiten Grundprinzip ist der Drehmomentsensor zwischen dem Statorkoppelgehäuse und dem Förderstator angeordnet.

[0035] Der Drehmomentsensor ist vorzugsweise vom Anwender nachträglich modular zwischen dem Antrieb und der Exzentrerschneckenpumpe bzw. zwischen dem Statorkoppelgehäuse und dem Förderstator einfügbar. Beispielsweise ist der Drehmomentsensor vom Anwender nachträglich modular in den Rotorstrang bzw. Statorstrang einfügbar. Dabei wird der Drehmomentsensor über eine adaptierende Kupplung einerseits an den Antrieb und andererseits an den Förderrotor bzw. einerseits an das Statorkoppelgehäuse und andererseits an den Förderstator drehfest gekoppelt.

[0036] Unter Rotorstrang sind rotierende Komponenten, also insbesondere ein Rotor des Antriebs und der Förderrotor zu verstehen. Unter Statorstrang sind gehäusefeste Komponenten, also insbesondere das Statorkoppelgehäuse und der Förderstator und die Statoraufnahme zu verstehen.

[0037] Der Antrieb ist insbesondere ein Elektromotor.

[0038] Vorzugsweise weist die erfindungsgemäße Mikrodosiervorrichtung auch einen Drehwinkelsensor für den Förderrotor auf. Dieser kann auch als Drehzahlsensor weitergebildet sein. Damit wird die erfindungsgemäße frühzeitige und vorzugsweise automatische Erkennung der sich anbahnenden Abweichungen des Dosierprozesses weiter erleichtert.

[0039] Vorzugsweise weist die erfindungsgemäße Mikrodosiervorrichtung mindestens einen weiteren Sensor für ein Dosiergut auf. Der weitere Sensor kann ein Staudrucksensor oder ein Temperatursensor oder ein Fördervolumenstromsensor sein. Damit wird die erfindungsgemäße frühzeitige und vorzugsweise automatische Erkennung der sich anbahnenden Abweichungen des Dosierprozesses weiter erleichtert.

[0040] Das konkret beanspruchte sensorische Verfahren dient zur Optimierung eines Mikrodosierprozesses. Erfindungsgemäß erfolgt eine laufende oder periodische Erfassung und Protokollierung und Ausgabe des zeitlichen Verlaufs eines effektiv an einem Förderrotor oder an einem Förderstator einer Exzentrerschneckenpumpe

einer Mikrodosiervorrichtung anliegenden Drehmoments. Dies dient zur Überwachung und/oder Regelung und/oder Parametrierung und/oder Wartung der Mikrodosiervorrichtung. Die Mikrodosiervorrichtung ist vorzugsweise eine vorbeschriebene Mikrodosiervorrichtung.

[0041] Eine besonders bevorzugte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens dient zur weiteren Optimierung des Mikrodosierprozesses. Dabei erfolgt eine Erfassung, Protokollierung und/oder Ausgabe des zeitlichen Verlaufs auch eines Drehwinkels bzw. einer Drehzahl des Förderrotors. Dies dient zur Überwachung und/oder Regelung und/oder Parametrierung und/oder Wartung der Mikrodosiervorrichtung.

[0042] Es kann auch nach aktiver Anregung eine Impulsantwortanalyse zur Zustandsbestimmung der Mikrodosiervorrichtung, insbesondere der Exzentrerschneckenpumpe, insbesondere einer Rotor-Stator-Baugruppe durchgeführt werden.

[0043] Die Verwertung des Verlaufs des Drehmoments und ggf. des Drehwinkels bzw. der Drehzahl erfolgt vorzugsweise im Rahmen eines selbstlernenden Regelungsprozesses der Mikrodosierung.

[0044] Mit Hilfe des erfindungsgemäß erfassten Verlaufs des Drehmoments und ggf. auch des Drehwinkels bzw. der Drehzahl wird bei einer bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens ein Service- und Wartungsplan erstellt. Dies dient zur Maximierung von Standzeit, Anlagenverfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Vermeidung unerwarteter Totalausfälle.

[0045] Mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse und Möglichkeiten zum Mikrodosierprozess wird bei einer bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens der oben genannte Service- und Wartungsplan verändert oder ein extra Service- und Wartungsplan erstellt. Dies dient auch zur Maximierung von Standzeit, Anlagenverfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Vermeidung unerwarteter Totalausfälle.

[0046] Mit Hilfe des erfindungsgemäß erfassten Drehmoments oder dessen Verlauf kann auch ein Zustand eines Dosierguts überwacht werden, wobei der Zustand vorzugsweise eine Viskosität ist.

[0047] Mit mindestens einem weiteren Sensor kann auch ein Staudruck und/oder eine Temperatur und/oder ein Fördervolumen des Dosierguts überwacht werden.

[0048] Mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse und Möglichkeiten zum Dosiergut kann der oben genannte Service- und Wartungsplan verändert oder ein extra Service- und Wartungsplan erstellt werden. Dies dient ebenfalls zur Maximierung von Topfzeit, Dosiergutverbrauch, Anlagenverfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Vermeidung unerwarteter Totalausfälle.

[0049] Bei einer bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens wird ein Totalausfall - vorzugsweise unverzüglich - signalisiert. Dies kann konkret ein Bruch im Antriebsstrang sein, der durch ein extrem hohes Drehmoment oder durch ein extrem niedriges Drehmoment erkannt wird. Bei der Weiterbildung des Verfahrens mit der Dreh-

winkel- bzw. Drehzahlüberwachung kann der Bruch im Antriebsstrang auch durch eine extrem hohe oder durch eine extrem niedrige Drehzahl erkannt werden.

[0050] Bei einer bevorzugten Anwendung des Verfahrens werden damit konstruktionsbedingte Dosiermengenschwankungen von Exzentrerschneckenpumpen der Mikrodosierung ausgeregelt. Damit wird die Dosiergenauigkeit erhöht und so die Prozessgenauigkeit verbessert.

[0051] Drei Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Mikrodosiervorrichtung und ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Figuren dargestellt.

[0052] Es zeigen

Figur 1 eine Exzentrerschneckenpumpe und einen Antrieb der erfindungsgemäßen Mikrodosiervorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel eines ersten Grundprinzips der Erfindung in einer geschnittenen Darstellung,

Figur 2 die erfindungsgemäße Mikrodosiervorrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel des ersten Grundprinzips der Erfindung in einer schematischen Darstellung,

Figur 3 ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung eines Mikrodosierprozesses, und

Figur 4 die erfindungsgemäße Mikrodosiervorrichtung gemäß einem zweiten Grundprinzip der Erfindung in einer geschnittenen Darstellung.

[0053] Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel aus Figur 1 verfügt die Mikrodosiervorrichtung erfindungsgemäß über einen Drehmomentsensor 110, der kraftschlüssig einerseits mit dem elektromotorischen Antrieb 10 und andererseits mit einem Exzentrerschrauben-Förderrotor 50 einer Exzentrerschneckenpumpe 1 verbunden ist. Die Verbindung zwischen dem Antrieb 10 und dem Förderrotor 50 ist durch einen Rotorstrang gebildet, in den der Drehmomentsensor 110 kraftschlüssig integriert ist.

[0054] Die Exzentrerschneckenpumpe 1 hat einen Förderstator 60, der in einer Statoraufnahme 70 gehäusefest aufgenommen ist. Dabei ist die Statoraufnahme 70 über ein Statorkoppelgehäuse 20 mit einem Gehäuse des elektromotorischen Antriebs 10 fest verbunden. In dem Statorkoppelgehäuse 20 ist der Rotorstrang mit dem Drehmomentsensor 110 aufgenommen.

[0055] Der Förderstator 60 umgibt den Förderrotor 50, wodurch gedichtete Schneckenkammern gebildet sind, die bei Rotation des Förderrotors 50 von einem Dosierguteinlass 100 (in Figur 1 nach unten) in Richtung zu einer Dosiernadelaufnahme 80 bewegt werden.

[0056] Signale des Drehmomentsensors 110 stehen einer (in Figur 1 nicht gezeigten) elektronischen Dosiersteuerung laufend zur Verfügung. Die Dosiersteuerung verfügt damit jederzeit über die Information, welches Drehmoment von dem Antrieb 10 in den Förderrotor

50 der Exzentrerschneckenpumpe 1 eingespeist wird.

[0057] Weitere Sensoren 90 können hilfreiche Zusatzinformationen bezüglich des Dosiergutes (wie z.B. dessen Staudruck, Temperatur oder Fördervolumenstrom) vom Dosieraussgang der Dosiernadelaufnahme 80 an die elektronische Dosiersteuerung liefern.

[0058] Figur 2 zeigt die erfindungsgemäße Dosiervorrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel, mit dem beide Grundprinzipien der Erfindung realisierbar sind. Dosiergut wird von einem Behälter 140 zu dem Dosierguteinlass 100 der Exzentrerschneckenpumpe 1 gefördert. Deren (in Figur 2 nicht gezeigter) Förderrotor wird von dem elektromotorischen Antrieb 10 über den Rotorstrang angetrieben, wobei in oder an dem Rotorstrang neben dem Drehmomentsensor 110 auch ein Drehzahlsensor 120 angeordnet ist.

[0059] Signale des Drehmomentsensors 110 stehen der elektronischen Dosiersteuerung μC laufend zur Verfügung. Die Dosiersteuerung μC verfügt damit in Kombination mit der Drehwinkelinformation des Drehzahlsensors 120 jederzeit über die Information, welche Kräfte, Leistungen und Energien von dem Antrieb 10 in den Förderrotor 50 der Exzentrerschneckenpumpe 1 eingespeist werden. Ein Fördervolumenstromsensor 90 liefert hilfreiche Zusatzinformationen bezüglich des Dosiergutes vom Dosieraussgang der (in Figur 2 nicht gezeigten) Dosiernadelaufnahme an die Dosiersteuerung μC .

[0060] Im Rotorstrang beidseitig des Drehmomentsensors 110, also auf der Seite der Antriebs 10 und auf der Seite des Exzentrerschneckenpumpe 1 sind jeweilige Kupplungen 30 angeordnet. Diese ermöglichen ein nachträgliches modulares Einsetzen des erfindungsgemäßen Drehmomentsensors 110 in den Rotorstrang. Damit kann eine bestehende Dosiervorrichtung, insbesondere die gezeigte Mikrodosiervorrichtung mit der erfindungsgemäßen Sensorik nachgerüstet werden.

[0061] Bei beiden Ausführungsbeispielen gemäß den Figuren 1 und 2 steuert die Dosiersteuerung μC fortlaufend die Förderung des Dosierguts über den Antrieb 10 durch Drehwinkelvorgaben pro Zeiteinheit, die dem gewünschten Fördervolumenstrom entsprechen. Gleichzeitig erfasst die Dosiersteuerung μC laufend die Messsignale des Drehmomentsensors 110 sowie optional des Drehzahlsensors 120 und/oder des mindestens einen weiteren Sensors 90.

[0062] Gemäß Figur 3 führt die elektronische Dosiersteuerung μC wahlweise gleichzeitig oder in Produktionsunterbrechungen und/oder in Kombination mit eigens definierten Mikrodosiertestabläufen Mess-, Protokoll-, Prüf- und Meldezyklen durch. Dazu erfasst die Dosiersteuerung μC insbesondere das Drehmoment im zeitlichen Verlaufszyklus, speichert diesen als zusätzliches Logfile ab und vergleicht ihn hinsichtlich Amplitude, Flankensteilheit, Ein- und Überschwingercharakter und Phasenlage mit bereits vorhandenen Zyklenprotokollen, dem des Inbetriebnahmezustandes der Mikrodosiervorrichtung bzw. deren Exzentrerschneckenpumpe 1 und etwaig hinterlegter Grenzmusterverläufe.

[0063] Höchste Priorität kommt dabei der besonders einfachen Detektion von Rotorbruch oder -blockade zu, die mit höchster Priorität unverzüglich dem übergeordneten Prozessleitreechner QM signalisiert wird, damit dieser den Produktionsprozess zur Vermeidung von Ausschussproduktion sofort anhalten kann.

[0064] Ohne solchen Alarmbefund werden die übrigen Soll- bzw. "n/n+1"-Messungsabweichungen anhand vorhandener, algorithmischer Erfahrungswerte umgerechnet in ein Status(diagnose)protokoll zur Einschätzung der verbleibenden Nutzungsdauer, des nächsten Wartungsintervalls und einen Vertrauensgrad (z.B. Ausfallwahrscheinlichkeit im laufenden Wartungsintervall).

[0065] Diese Statuskennzeichen können vom Prozessleitreechner QM vorteilhaft zu einer Maximierung von Verfügbarkeit, Ausbeute, Produktivität und Kosteneffizienz der Fertigungsprozesse genutzt werden.

[0066] Figur 4 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Mikrodosiervorrichtung in einer geschnittenen Darstellung. Der als Antrieb dienende Elektromotor 10, die Exzentrerschneckenpumpe 1 und die Dosiernadelaufnahme 80 mit dem weiteren Sensor 90, der ein Fördervolumenstromsensor sein kann, entsprechen denjenigen des ersten Ausführungsbeispiels aus Figur 1.

[0067] Abweichend vom ersten Ausführungsbeispiel ist der erfindungsgemäße Drehmomentsensor 110 gemäß einem zweiten Grundprinzip der Erfindung zwischen dem Statorkoppelgehäuse 20 und der Statoraufnahme 70 angeordnet. Damit ist der Drehmomentsensor 110 gehäusefest ohne rotierende Funktionsteile.

[0068] Offenbart sind eine Mikrodosiervorrichtung und ein Verfahren zur Steuerung eines Mikrodosierprozesses mit einer Mikrodosiervorrichtung. Die Mikrodosiervorrichtung hat eine Exzentrerschneckenpumpe, die von einem z.B. elektromotorischen Antrieb über einen Drehmomentsensor angetrieben wird. Das Drehmoment wird kontinuierlich oder periodisch erfasst. Daraus werden Rückschlüsse auf den Zustand und/oder auf Veränderungen wie z.B. auf den Verschleiß der Exzentrerschneckenpumpe gezogen.

Bezugszeichenliste

[0069]

1	Exzentrerschneckenpumpe
10	Antrieb / Elektromotor
20	Statorkoppelgehäuse
30	Kupplung
40	Verbindungsflansch
50	Förderrotor
60	Förderstator
70	Statoraufnahme
80	Dosiernadelaufnahme
90	weiterer Sensor, Fördervolumenstromsensor
100	Dosierguteinlass
110	Drehmomentsensor

QM Prozessleitrechner
 µC elektronische Dosiersteuerung

Patentansprüche

1. Mikrodosiervorrichtung mit einer Exzentrerschneckenpumpe (1), die einen Förderstator (60) und einen Förderrotor (50) aufweist, wobei der Förderrotor (50) mittels eines Antriebs (10) relativ gegenüber dem Förderstator (60) drehbar ist, **gekennzeichnet durch** einen Drehmomentsensor (110) zur Erfassung des effektiv am Förderrotor (50) oder am Förderstator (60) anliegenden Drehmoments.
2. Mikrodosiervorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehmomentsensor (110) in einen Rotorstrang zwischen dem Antrieb (10) und der Exzentrerschneckenpumpe (1) oder in einen Statorstrang zwischen einem Statorkoppelgehäuse (20) und der Exzentrerschneckenpumpe (1) kraftschlüssig integriert ist.
3. Mikrodosiervorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehmomentsensor (110) über adaptierende Kupplungen (30) vorzugsweise seriell zwischen dem Antrieb (10) und die Exzentrerschneckenpumpe (1) eingebracht ist, oder dass der Drehmomentsensor (110) vorzugsweise seriell zwischen dem Statorkoppelgehäuse (20) und dem Förderstator (60) angeordnet ist.
4. Mikrodosiervorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehmomentsensor (110) nachträglich einfügbar ist.
5. Mikrodosiervorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche **gekennzeichnet durch** einen Drehwinkelsensor (120) für den Förderrotor (50).
6. Mikrodosiervorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche **gekennzeichnet durch** mindestens einen weiteren Sensor (90) für ein Dosiergut, der ein Staudrucksensor oder ein Temperatursensor oder ein Fördervolumenstromsensor ist.
7. Sensorisches Verfahren zur Optimierung eines Mikrodosierprozesses **gekennzeichnet durch** eine laufende oder periodische Erfassung und Protokollierung des zeitlichen Verlaufs eines effektiv an einem Förderrotor (50) oder an einem Förderstator (60) einer Exzentrerschneckenpumpe (1) einer Mikrodosiervorrichtung - insbesondere gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche - anliegenden Drehmoments.
8. Verfahren nach Anspruch 7 **gekennzeichnet durch**

eine Erfassung und Protokollierung des zeitlichen Verlaufs eines Drehwinkels bzw. einer Drehzahl des Förderrotors (50).

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** nach aktiver Anregung eine Impulsantwortanalyse zur Zustandsbestimmung der Mikrodosiervorrichtung, insbesondere der Exzentrerschneckenpumpe (1) durchgeführt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verwertung des Verlaufs des Drehmoments im Rahmen eines selbstlernenden Regelungsprozesses der Dosierung erfolgt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10 **dadurch gekennzeichnet, dass** mit Hilfe des Verlaufs des Drehmoments ein Service- und Wartungsplan erstellt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11 **dadurch gekennzeichnet, dass** mit Hilfe des Drehmoments oder des Verlaufs des Drehmoments ein Zustand eines Dosierguts überwacht wird, wobei der Zustand vorzugsweise eine Viskosität ist.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12 **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Zustand eines Dosierguts überwacht wird, wobei der Zustand ein Staudruck oder eine Temperatur oder ein Fördervolumen ist.
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13 **dadurch gekennzeichnet, dass** mit Hilfe des Zustandes des Dosierguts ein Service- und Wartungsplan erstellt und/oder angepasst wird.

Claims

1. A micro-dosing device with an eccentric screw (1), comprising a feed stator (60) and a feed rotor (50), wherein the feed rotor (50) is rotatable relative to the feed stator (60) via a drive (10), **characterized by** a torque sensor (110) for detecting the torque effectively applied to the feed rotor (50) or to the feed stator (60).
2. The micro-dosing device according to claim 1, **characterized in that** the torque sensor (110) is integrated in a rotor strand between the drive (10) and the eccentric screw (1) or in a stator strand between a stator coupling housing (20) and the eccentric screw (1) in a force-fit manner.
3. The micro-dosing device according to claim 2, **characterized in that** the torque sensor (110) is prefer-

ably introduced serially between the drive (10) and the eccentric screw (1) via adapting couplings (30), or **in that** the torque sensor (110) is preferably arranged serially between the stator coupling housing (20) and the feed stator (60).

4. The micro-dosing device according to claim 2 or 3, **characterized in that** the torque sensor (110) can be inserted subsequently.

5. The micro-dosing device according to one or more of the preceding claims, **characterized by** an angle of rotation sensor (120) for the feed rotor (50).

6. The micro-dosing device according to one or more of the preceding claims, **characterized by** at least one further sensor (90) for a dosing material, which is a dynamic pressure sensor or a temperature sensor or a delivery volume flow sensor.

7. A sensor method for optimizing a micro-dosing process **characterized by** a continuous or periodic detection and logging of the time course of a torque effectively applied to a feed rotor (50) or to a feed stator (60) of an eccentric screw (1) of a micro-dosing device - in particular according to one of the preceding claims.

8. The method according to claim 7, **characterized by** a detection and logging of the course over time of a rotation angle or of a rotational speed of the feed rotor (50).

9. The method according to claim 7 or 8, **characterized in that**, after active excitation, an impulse response analysis is carried out to determine the state of the micro-dosing device, in particular of the eccentric screw (1).

10. The method according to one of claims 7 to 9, **characterized in that** the utilization of the torque curve takes place as part of a self-learning control process of the dosing.

11. The method according to one of claims 7 to 10, **characterized in that** a service and maintenance plan is created with the aid of the torque curve.

12. The method according to one of claims 7 to 11, **characterized in that** a state of a dosing material is monitored with the aid of the torque or of the torque curve, wherein the state is preferably a viscosity.

13. The method according to one of claims 7 to 12, **characterized in that** at least one state of a dosing material is monitored, wherein the state is a stagnation pressure, or a temperature, or a delivery volume.

14. The method according to claim 12 or 13, **characterized in that** a service and maintenance plan is created and/or adapted with the aid of the state of the dosing material.

Revendications

1. Dispositif de microdosage avec une pompe à vis à excentrique (1) qui présente un stator de transport (60) et un rotor de transport (50), dans lequel le rotor de transport (50) est rotatif par rapport au stator de transport (60) au moyen d'un entraînement (10), **caractérisé par** un capteur de couple (110) pour saisir le couple appliqué de manière effective au rotor de transport (50) ou au stator de transport (60).

2. Dispositif de microdosage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le capteur de couple (110) est intégré à force dans un brin de rotor entre l'entraînement (10) et la pompe à vis à excentrique (1) ou dans un brin de stator entre un boîtier de couplage de stator (20) et la pompe à vis à excentrique (1).

3. Dispositif de microdosage selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le capteur de couple (110) est introduit de préférence en série entre l'entraînement (10) et la pompe à vis à excentrique (1) par le biais de couplages (30) d'adaptation, ou **en ce que** le capteur de couple (110) est de préférence agencé en série entre le boîtier de couplage de stator (20) et le stator de transport (60).

4. Dispositif de microdosage selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** le capteur de couple (110) est insérable ultérieurement.

5. Dispositif de microdosage selon l'une quelconque ou plusieurs quelconques des revendications précédentes, **caractérisé par** un capteur d'angle de rotation (120) pour le rotor de transport (50).

6. Dispositif de microdosage selon l'une quelconque ou plusieurs quelconques des revendications précédentes, **caractérisé par** au moins un autre capteur (90) pour un produit de dosage qui est un capteur de pression dynamique ou un capteur de température ou un capteur de débit volumétrique de transport.

7. Procédé sensoriel destiné à l'optimisation d'un processus de microdosage, **caractérisé par** une saisie continue ou périodique et la consignation de l'évolution temporelle d'un couple appliqué de manière effective à un rotor de transport (50) ou à un stator de transport (60) d'une pompe à vis à excentrique (1) d'un dispositif de microdosage - en particulier selon l'une quelconque des revendications précédentes.

8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé par** une saisie et une consignation de l'évolution temporelle d'un angle de rotation ou d'une vitesse de rotation du rotor de transport (50).
5
9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce qu'**après la stimulation active, une analyse de réponse impulsionnelle est effectuée pour la détermination de l'état du dispositif de microdosage, en particulier de la pompe à vis à excentrique (1).
10
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, **caractérisé en ce que** la valorisation de l'évolution du couple est effectuée dans le cadre d'un processus de régulation autoadaptatif du dosage.
15
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, **caractérisé en ce qu'**un plan de service et d'entretien est établi à l'aide de l'évolution du couple.
20
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, **caractérisé en ce qu'**un état d'un produit de dosage est surveillé à l'aide du couple ou l'évolution du couple, dans lequel l'état est de préférence une viscosité.
25
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 12, **caractérisé en ce qu'**au moins un état d'un produit de dosage est surveillé, dans lequel l'état est une pression dynamique ou une température ou un volume de transport.
30
14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, **caractérisé en ce qu'**un plan de service et d'entretien est établi et/ou adapté à l'aide de l'état du produit de dosage.
35

40

45

50

55

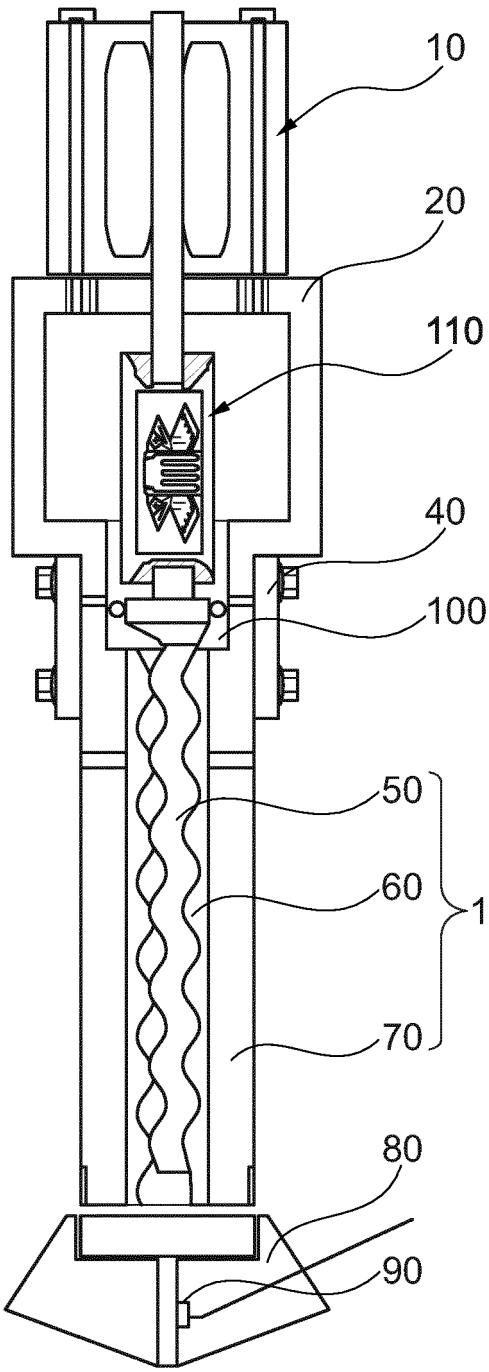


Fig. 1

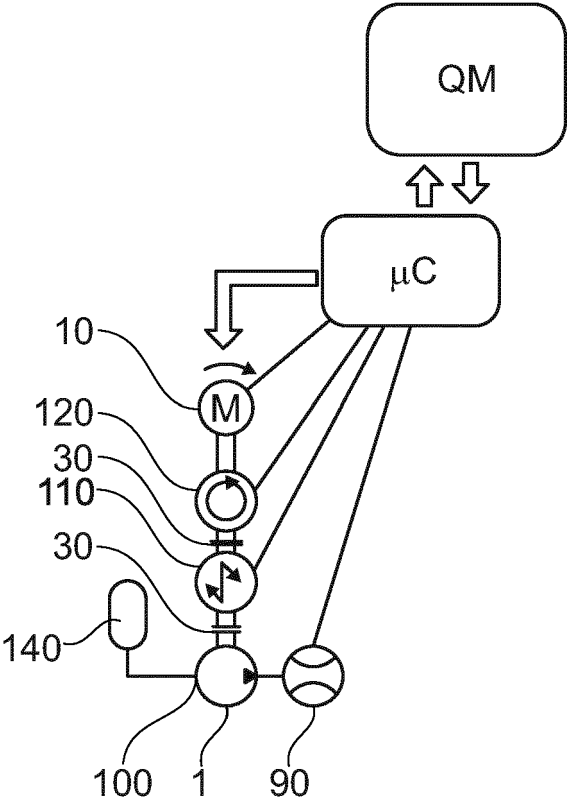


Fig. 2

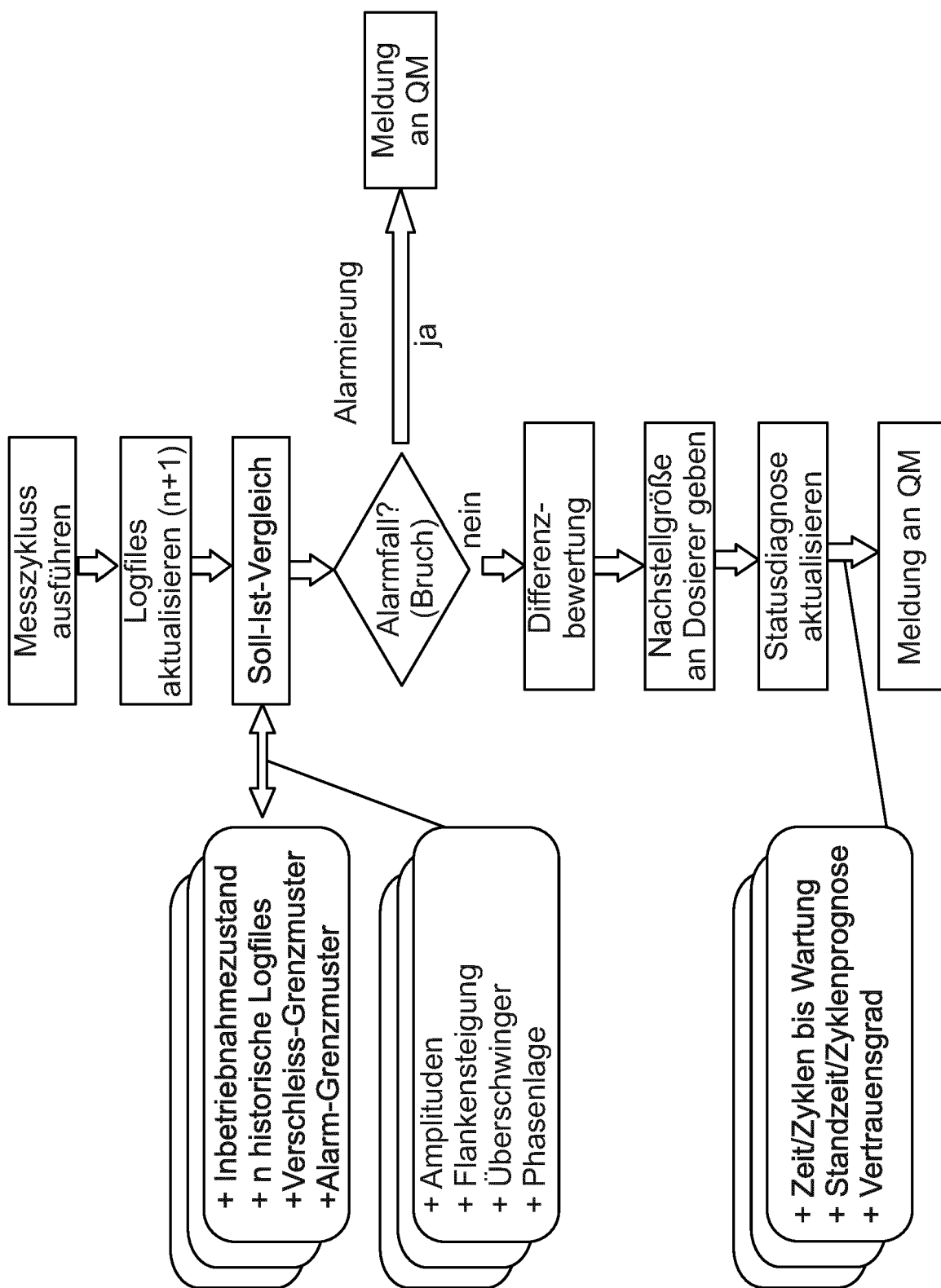


Fig. 3

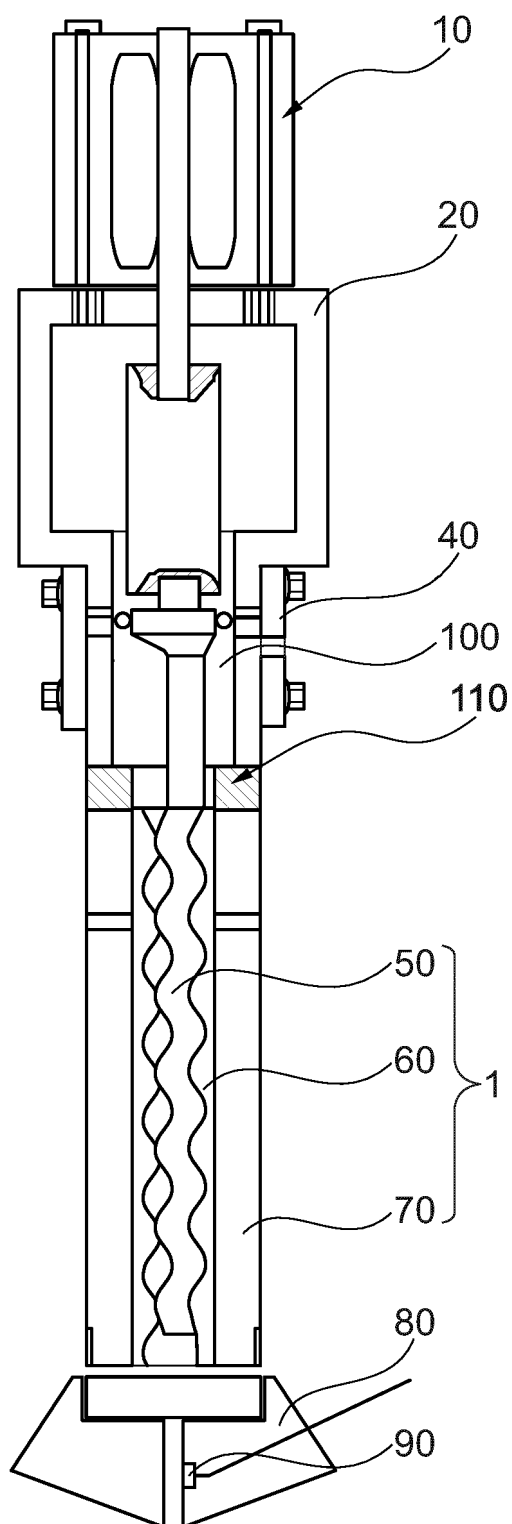


Fig. 4