



(11)

EP 1 693 102 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
23.08.2006 Patentblatt 2006/34

(21) Anmeldenummer: 06003157.2

(22) Anmeldetag: 16.02.2006

(51) Int Cl.:
B01F 7/00 (2006.01) B01F 3/08 (2006.01)
B01F 13/06 (2006.01) B01F 15/00 (2006.01)
B01J 19/00 (2006.01)

(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

(30) Priorität: 16.02.2005 DE 102005007175

(71) Anmelder: Knappe, Sandra
10247 Berlin (DE)

(72) Erfinder: Knappe, Sandra
10247 Berlin (DE)

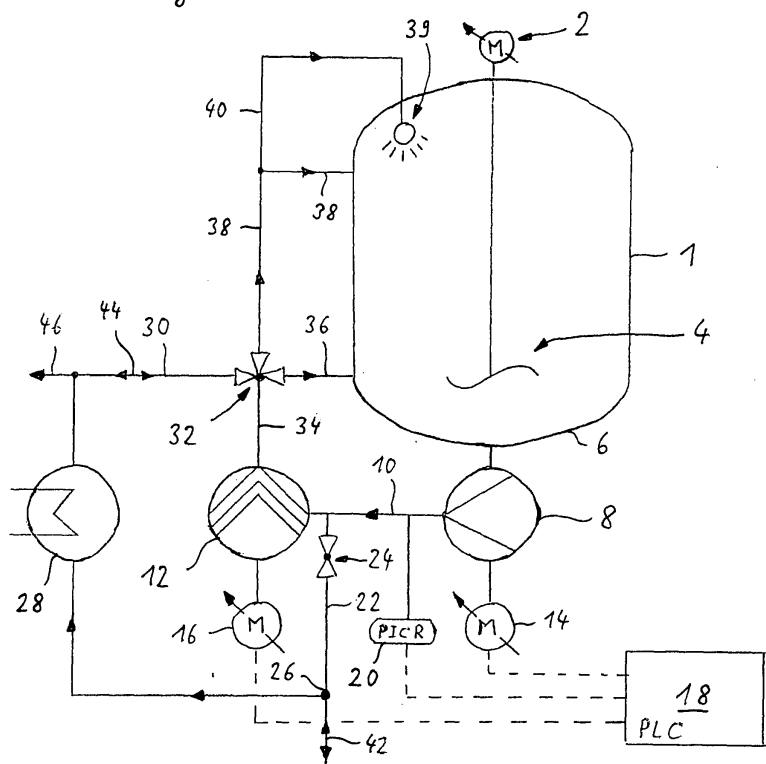
(74) Vertreter: Philipp, Matthias
FORRESTER & BOEHMERT,
Pettenkoferstrasse 20-22
80336 München (DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Homogenisieren eines pumpfähigen Stoffes

(57) Verfahren und Vorrichtung zum Homogenisieren eines pumpfähigen Produkts, bei dem das Produkt unter Druck gesetzt und in einer mit einem Antrieb (16) versehenen Homogenisiereinrichtung (12), die einen in einem Gehäuse drehbar gelagerten, antreibbaren Rotor und einen stillstehenden oder relativ zu dem Rotor mit einer einstellbaren Relativedrehzahl antreibbaren Stator

aufweist, homogenisiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Produkt vor der Homogenisiereinrichtung mittels einer mit einem separaten Antrieb (14) versehenen Pumpereinrichtung (8) mit einem unabhängig von dem Antrieb der Homogenisiereinrichtung (12) vorgebbaren Druck beaufschlagt wird, wobei der Druck so geregelt wird, daß in der Homogenisiereinrichtung keine Kavitation auftritt.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Homogenisieren eines pumpfähigen Produkts, bei dem das Produkt unter Druck gesetzt und in einer mit einem Antrieb versehenen Homogenisiereinrichtung, die einen in einem Gehäuse drehbar gelagerten, antreibbaren Rotor und einen stillstehenden oder relativ zu dem Rotor mit einer einstellbaren Relativdrehzahl antreibbaren Stator aufweist, homogenisiert wird, und eine Vorrichtung zum Homogenisieren eines pumpfähigen Produkts, mit einer Homogenisiereinrichtung, die einen in einem Gehäuse drehbar gelagerten, antreibbaren Rotor und einen stillstehenden oder relativ zu dem Rotor mit einer einstellbaren Relativdrehzahl antreibbaren Stator aufweist, und mit einer der Homogenisiereinrichtung vorgeschalteten Pumpeinrichtung, wie sie aus der EP 1 475 143 A1 bekannt sind.

[0002] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung umfaßt der Begriff "Homogenisieren" jede Art der Erhöhung der Grenzfläche zwischen zumindest zwei Phasen eines pumpfähigen Mediums oder Produkts, also insbesondere auch ein Dispergieren oder Emulgieren.

[0003] Die im Rahmen der Erfindung verwendete Homogenisiereinrichtung ist von der sogenannten Rotor-Stator-Bauart und besteht aus einem stillstehenden Element, dem Stator, und einem sich mit einer vorbestimmten, meist hohen Geschwindigkeit oder Drehzahl bewegendes Element, dem Rotor. Obwohl ein Stator in der Regel ein stillstehendes Element bezeichnet, umfaßt die Erfindung auch solche Bauarten, bei denen der Stator zur Erzielung einer bestimmten Relativgeschwindigkeit ebenfalls angetrieben ist, um z.B. ein gewünschtes Verhältnis von Pump- und Scherenergieeintrag zu erzielen.

[0004] Bei der eingangs genannten bekannten Vorrichtung wird das Produkt in einem Zwischenraum zwischen Rotor und Stator einer sehr starken Scherung unterworfen, die proportional zur (Relativ-)Drehgeschwindigkeit (üblich sind 10 bis 30 m/s) und zur Spaltbreite (üblich sind 0,1 bis wenige Millimeter) ist. Die Scherung bewirkt einen Tropfenzerfall. Eine auf diese Weise erhaltene Emulsion kann durch Emulgatoren stabilisiert werden.

[0005] Grundsätzlich gilt, daß mit höherer Drehzahl der Energieeintrag je durchgesetztem Volumen erhöht wird. Bei Rotor-Stator-Systemen ist die zur Vergrößerung der Phasengrenzfläche eingesetzte Energie vergleichsweise klein im Verhältnis zur insgesamt eingetragenen Energie, d.h. der Wirkungsgrad ist im allgemeinen gering und der größte Teil der Energie wird in Reibungswärme umgesetzt.

[0006] Rotor-Stator-Homogenisatoren sind prinzipiell gesehen auch Radialpumpen und eignen sich dazu, auf der Saugseite einen leichten Unterdruck und auf der Abgabeseite einen leichten Überdruck aufzubauen. Zur Unterstützung der Pumpwirkung können zusätzliche Pumpflügel auf der Saugseite (EP 0 896 833) oder auf der Druckseite (DE 296 06 962) angebracht werden. Allen diesen bekannten Systemen ist gemeinsam, daß die Pumpflügel drehfest mit dem Rotor des Homogenisators verbunden sind. Daraus ergibt sich, daß das Verhältnis zwischen Scherenergie und Volumenstrom eine von der Rotor-Stator-Geometrie und dem Produkt abhängige Größe ist und vom Betreiber nicht beeinflußt werden kann.

[0007] In modernen Prozeßanlagen wird häufig unter Vakuum gearbeitet, d.h. beispielsweise unterhalb 300 mbar. Der Homogenisierungsvorgang findet in der Regel bei erhöhten Temperaturen statt. Dies bedeutet, daß der Arbeitsdruck nahe am Dampfdruck der zu homogenisierenden Flüssigkeiten liegen kann. In dieser Situation kann es lokal, bedingt durch örtliche Geschwindigkeitsspitzen, meist in Rückströmzonen der Schaufelblätter, zu einem Absinken des statischen Drucks unter den Dampfdruck kommen, so daß sich kleine Dampfblasen bilden, die nach kürzester Zeit wieder zusammenfallen und das Pumprad schädigen können (Kavitation).

[0008] Mit dem Ziel der Reduzierung der Kavitationsneigung sind verschiedene Wege beschritten worden. Mehr unter der Zielsetzung eines erhöhten Durchsatzes als der einer Erhöhung des statischen Drucks vor dem Homogenisator ist in der EP 1 475 143 A1 eine mit dem Rotor gekoppelte Pumpeinrichtung vorgeschlagen worden. Eine solche Maßnahme hat sich im Prinzip bewährt, ist jedoch dann nachteilig, wenn ein Produkt möglichst ohne Eintrag von Scherenergie gefördert oder ausgetragen werden soll, da Scher- und Pumpenergieeintrag bei einer solchen Bauform eben stets gekoppelt sind.

[0009] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, das bekannte Verfahren und die bekannte Vorrichtung zum Homogenisieren eines pumpfähigen Produkts dahingehend zu verbessern, daß einerseits bei nahe am Dampfdruck liegenden Arbeitsdrücken bei niedriger Kavitationsneigung höchste Scherenergieeinträge möglich sind, und daß andererseits das Produkt bedarfsweise schonend ausgetragen werden kann, ohne daß hohe Scherenergien eingetragen werden.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei dem Verfahren dadurch gelöst, daß das Produkt vor der Homogenisierungseinrichtung und unabhängig von deren Antrieb mittels einer mit einem separaten Antrieb versehenen Pumpeinrichtung mit einem unabhängig von dem Antrieb der Homogenisierungseinrichtung vorgebbaren Druck beaufschlagt wird, wobei der Druck so geregelt wird, daß in der Homogenisiereinrichtung keine Kavitation auftritt.

[0011] Obwohl grundsätzlich als Regelung zur Vermeidung von Kavitation unterschiedliche Sensoren eingesetzt werden könnten, wie beispielsweise Schallsensoren, die das Auftreten von Kavitation frühzeitig erfassen, hat sich eine kennfeldgesteuerte Regelung als besonders vorteilhaft herausgestellt, bei der in einer Regeleinheit die wesentlichen Betriebsparameter, insbesondere Drehzahl der Homogenisiereinrichtung und die Art des jeweils verarbeiteten Produkts,

gespeichert sind und in Abhängigkeit davon der benötigte Druck vor der Homogenisiereinrichtung gespeichert ist und/oder die benötigte Drehzahl der Pumpeinrichtung, die diesen Druck gewährleistet, damit letztendlich keine Kavitation auftritt.

[0012] Das Kennfeld kann entweder vorab durch Messungen bestimmt sein, oder es kann auf Daten basieren, die unter Zuhilfenahme von theoretischen physikalischen Zusammenhängen berechnet worden sind. Die Eigenschaften des jeweiligen Produkts können entweder dadurch berücksichtigt werden, daß in dem Kennfeld unterschiedliche Produktarten abgelegt sind, die im Betrieb als solche auszuwählen sind, beispielsweise "Produkt 1", "Produkt 2" usw., oder aber dadurch, daß eine oder mehrere maßgebliche Produkteigenschaften, beispielsweise die Viskosität, der Regeleinheit vorgegeben werden oder im laufenden Betrieb meßtechnisch bestimmt werden, damit die Regeleinheit "weiß", welches oder was für ein Produkt gerade verarbeitet wird und das entsprechende Kennfeld bzw. den zutreffenden Bereich des Kennfelds auswählen kann.

[0013] Zweckmäßigerweise ist daher vorgesehen, daß der Druck durch eine kennfeldgesteuerte Regeleinheit geregelt wird, wobei ein Kennfeld zumindest die Drehzahl der Homogenisiereinrichtung und die Art des Produkts als Eingangsparameter enthält und entweder auf vorab gemessenen oder auf berechneten Daten basiert. Meßgrößen als Eingangsinformation für die Regeleinheit sind dabei zumindest der Druck vor der Homogenisiereinrichtung und möglicherweise gemessene Produkteigenschaften wie Viskosität, Temperatur, Partikelgröße usw..

[0014] Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung besteht darin, daß der Druck durch einen Regler mit einer Recheneinheit gesteuert wird, wobei die Recheneinheit auf der Grundlage von empirisch oder theoretisch bestimmten Zusammenhängen zwischen zumindest der Drehzahl der Homogenisiereinrichtung und mindestens einer charakteristischen Eigenschaft des Produkts einerseits und dem zur Vermeidung von Kavitation erforderlichen Druck andererseits diesen berechnet. Bei einer solchen Ausführung wird kein vorab bestimmtes Kennfeld benötigt, was allerdings voraussetzt, daß die zugrundeliegenden Zusammenhänge in Form von Berechnungsformeln für den Druck hinreichend genau sind, damit im praktischen Betrieb einerseits keine Kavitation auftritt und andererseits der Druck nicht unnötig hoch vorgegeben wird.

[0015] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß bei der Vorrichtung durch die Maßnahme gelöst, daß die Pumpeinrichtung unabhängig von der Homogenisiereinrichtung antreibbar ist, wobei der Pumpeinrichtung eine mit einem vor der Homogenisiereinrichtung angeordneten Drucksensor zur Erfassung eines Drucks verbundene Regeleinheit zugeordnet ist, die zur Regelung des Drucks eingerichtet ist, derart, daß in der Homogenisiereinrichtung keine Kavitation auftritt.

[0016] Zweckmäßigerweise ist hier vorgesehen, daß die Regeleinheit kennfeldgesteuert ist, mit einem Kennfeld, das zumindest die Drehzahl der Homogenisiereinrichtung und die Art des Produkts als Eingangsparameter enthält und entweder auf vorab gemessenen oder auf berechneten Daten basiert.

[0017] Eine bevorzugte Variante besteht darin, daß die Regeleinheit eine Recheneinheit aufweist, die so eingerichtet ist, daß sie auf der Grundlage von empirisch oder theoretisch bestimmten Zusammenhängen zwischen zumindest der Drehzahl der Homogenisiereinrichtung und mindestens einer charakteristischen Eigenschaft des Produkts einerseits und dem zur Vermeidung von Kavitation erforderlichen Druck andererseits diesen berechnet.

[0018] Die Recheneinheit besteht vorzugsweise aus einem Mikrocomputer mit Zentraleinheit und Speicher, in dem die benötigten Systemgrößen (technische Eigenschaften der Pumpeinrichtung und der Homogenisiereinrichtung) sowie die für die Berechnung des benötigten Drucks zugrundeliegenden Produkteigenschaften und Berechnungsgleichungen gespeichert sind.

[0019] Die Regeleinheit kann für die Pumpeinrichtung und die Homogenisiereinrichtung gemeinsam ausgebildet sein.

[0020] Dadurch wird die Möglichkeit geschaffen, unabhängig voneinander höchste Scherenergieeinträge und/oder hohe Pumpenergieeinträge und damit eine große Variabilität des Verfahrensablaufs zu realisieren. Mit einer unabhängig antreibbaren Pumpeinrichtung, die der Homogenisiereinrichtung vorgeschaltet ist, kann im Bedarfsfall der am Homogenisator anliegende Druck deutlich angehoben werden, so daß der Abstand zum Dampfdruck vergrößert und die Kavitationsneigung verringert werden kann. Umgekehrt kann bei stillstehender oder langsam (scherarm) betriebener Homogenisiereinrichtung durch Antreiben der Pumpeinrichtung auf schonende Weise eine Produktströmung erzielt werden, sei es für Zwecke eines Austrags, Eintrags, Wärmetauschs, Reinigung etc..

[0021] Außerdem ergibt sich die Möglichkeit, aufgrund der baulichen Trennung von Homogenisier- und Pumpeinrichtung in einfacher Weise eine Zufuhr von Feststoffen und/oder Flüssigkeiten unmittelbar vor dem Rotor-Stator-System zu erzielen, wobei ein und derselbe Stutzen für einen Eintrag und wahlweise für einen Austrag nutzbar ist.

[0022] Die Erfindung ermöglicht einen modularen Aufbau und eine Integration auch in vorhandene Produktionsanlagen.

[0023] Es kann vorgesehen sein, daß die Pumpeinrichtung und die Homogenisiereinrichtung in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sind. Alternativ kann vorgesehen sein, daß die Pumpeinrichtung ein separates Pumpengehäuse aufweist. In diesem Falle könnte vorgesehen sein, daß das Gehäuse der Homogenisiereinrichtung mit dem Pumpengehäuse verbunden ist.

[0024] Die Homogenisiereinrichtung und die Pumpeinrichtung können räumlich getrennt voneinander angeordnet und mit einer Rohrleitung verbunden sein.

[0025] Zweckmäßigerweise ist vorgesehen, daß die Pumpeinrichtung vertikal unterhalb eines Produktkessels angeordnet ist.

[0026] Die Pumpeinrichtung kann als ein- oder mehrstufige Radial- oder Axialpumpe ausgebildet sein.

[0027] Für spezielle Anwendungen kann vorgesehen sein, daß die Pumpeinrichtung und/oder die Homogenisiereinrichtung sterilisierbare mechanische Gleitringdichtungen aufweist.

[0028] Bevorzugt ist vorgesehen, daß zwischen Pumpeinrichtung und Homogenisiereinrichtung mindestens eine Armatur, insbesondere ein Ventil, angeordnet ist. Die mindestens eine Armatur kann zum Einsaugen von Zusatzstoffen ausgebildet sein.

[0029] Weiterhin kann vorgesehen sein, daß die mindestens eine Armatur als Produktauslaß ausgebildet ist.

[0030] Zwischen der Pumpeinrichtung und der Homogenisiereinrichtung kann eine Druckmesseinrichtung und/oder ein Partikelgrößensensor und/oder eine Durchflußmeßeinrichtung angeordnet sein.

[0031] Außerdem kann vorgesehen sein, daß nach der Homogenisiereinrichtung eine Druckmeßeinrichtung und/oder ein Partikelgrößensensor und/oder eine Durchflußmeßeinrichtung angeordnet ist.

[0032] Eine gemeinsame Steuerung oder Regelung für die Homogenisiereinrichtung und die Pumpeinrichtung kann vorgesehen sein, wobei Daten von den vorgenannten Druck-, Partikelgrößen- und Durchflußsensoren als Eingangsgrößen für die Regelung herangezogen werden können, neben bestimmten Prozeßvorgaben.

[0033] In bestimmten Einsatzfällen kann es zweckmäßig sein, daß die Homogenisiereinrichtung in an sich bekannter Weise eine mit dem Rotor drehfest verbundene Pumpstufe, insbesondere ein Pumprad, aufweist.

[0034] Die Erfindung sieht ferner vor, daß zwischen Rotor und Stator ein freier Querschnitt besteht, der sich in Strömungsrichtung verringert.

[0035] In Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß in Parallelschaltung zu der Homogenisiereinrichtung ein diese umgehender, einen Wärmetauscher enthaltender Bypaßzweig angeordnet ist, durch den das Produkt bedarfsweise anstelle durch die Homogenisiereinrichtung geleitet werden kann.

[0036] Bevorzugt sieht die Erfindung vor, daß die Pumpeinrichtung für eine scherarme Förderung ausgelegt ist.

[0037] Insbesondere kann vorgesehen sein, daß die Pumpeinrichtung einen Abgabedruck von bis zu 5 bar ermöglicht.

[0038] Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung liegt in der Kombination von Pumpe und Homogenisiereinrichtung, wobei immer die Pumpe und ggf. auch die Homogenisiereinrichtung in ihrer Drehzahl geregelt sind. Die Drehzahlregelung orientiert sich dabei an Vorgaben und der Messgröße zwischen Pumpe und Homogenisator.

[0039] Die Messgröße kann dabei allgemein aus einer quantitativen Messung bestehen, wobei für den wesentlichen Zweck der Vermeidung von Kavitation der Druck die einzig sinnvolle Messgröße ist. Denkbar wäre als Schutzmessgröße die Schallintensität (nicht gut für die Regelung geeignet). Weitere Messgrößen zur Beurteilung der Qualität (z.B. Partikelmessung oder Temperaturerhöhung) wären allenfalls sinnvoll nach dem Durchtritt durch den Homogenisator.

[0040] Als Regelgröße dient ein bestimmter nicht zu unterschreitender Druck, als Vordruck vor dem Homogenisator, wobei dieser Druck noch eine Funktion der Homogenisatordrehzahl und ggf. weiterer Einflußgrößen ist.

[0041] Gemäß Bernoulli (reibungsfrei) kann nämlich die gesamte zur Verfügung stehende Energie entweder als statischer oder dynamischer Druck betrachtet werden. Um Kavitation zu vermeiden, darf der statische Druck nicht den Dampfdruck des Gemisches (bei mehrphasigen Emulsionen gelegentlich auch Dampfdruck der leichter siedenden Komponente) unterschreiten. Der Anteil des dynamischen Drucks ist proportional zum Quadrat der Umfangsgeschwindigkeit des Rotors im Homogenisator. Je schneller der Rotor also dreht, umso mehr sinkt der zur Verfügung stehende statische Druck.

[0042] Um den kritischen statischen Druck nicht zu unterschreiten, aber dennoch sehr hohe dynamische Drücke anwenden zu können, verbleibt die Erhöhung des zur Verfügung stehenden Gesamtdrucks.

[0043] Zur Vermeidung von Kavitation muss also der Vordruck umso höher sein, je höher die Homogenisatordrehzahl ist. Hierbei besteht eine Abhängigkeit von der Homogenisatorgeometrie (allgemeine Kavitationsneigung) und den Stoffwerten (Siedepunkt und Flieseigenschaften) der Produkte. Die Funktion kann als Erfahrungswert (Kennlinie(n), Kennfeld) vorliegen und wird aus einer oder mehreren entsprechenden Messkurven aufgenommen, bei der in Abhängigkeit vom Vordruck die kritische Geschwindigkeit (Drehzahl) ermittelt wird, ab der Kavitation auftritt.

[0044] Die Eingangsgröße für den Regler ist somit eine durch Messung oder Kalibrierung aufgenommene Solldruckkurve als Funktion von Homogenisatordrehzahl und vorliegendem Produkt.

[0045] Eine weitere Eingangsgröße für den Regler kann die Charakteristik der Pumpstufe sein. Diese hängt von Geometrie und Baugröße, aber vor allem von den Produkteigenschaften ab. Die einzustellenden Regelparameter hängen außerdem vom Betriebsmodus ab (siehe weiter unten angegebene Tabelle).

[0046] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, wobei auf eine Zeichnung Bezug genommen ist, in der die (einzige)

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Homogenisieren eines pumpfähigen Produkts zeigt.

[0047] Die in Fig. 1 lediglich schematisch und vereinfacht dargestellte Anlage zur Homogenisierung oder Emulgierung eines Produkts weist zunächst einen Kessel 1 in vertikaler Orientierung auf, der mit einem von einem Rührwerksmotor 2 angetriebenen Rührwerk 4 versehen ist, dessen Drehachse in diesem Beispiel mit der vertikalen Längsachse des Kessels übereinstimmt.

[0048] Unterhalb eines Kesselbodens 6 ist eine Pumpe 8 als erfindungsgemäße Pumpeinrichtung angeordnet, die über eine Rohrleitung 10 mit einem Homogenisator 12 in Verbindung steht, der die erfindungsgemäße Homogenisierungseinrichtung bildet.

[0049] Pumpe 8 und Homogenisator 12 sind jeweils über unabhängig voneinander steuerbare bzw. regelbare Antriebsmotoren 14, 16 angetrieben, deren Steuerung oder Regelung über eine Regeleinheit 18 erfolgt.

[0050] Die Regeleinheit 18 ist eingangsseitig mit Meßfühlern verbunden, die mit 20 angedeutet sind und bei denen es sich um Druck-, Temperatur-, Partikelgrößen- und/oder Durchflußmengensensoren handeln kann und die wie dargestellt zwischen der Pumpe 8 und dem Homogenisator 12 und darüber hinaus ggf. an weiteren Stellen in der Anlage, bspw. nach dem Homogenisator und im Kessel, angeordnet sein können. Weiterhin erhält die Regeleinheit 18 Eingangssignale in Form von konstanten Prozeßvorgaben und ggf. aktuellen Benutzereingriffen in an sich bekannter Form. Die Signalleitungen sind in Fig. 1 gestrichelt angedeutet.

[0051] Zwischen Pumpe 8 und Homogenisator 12 zweigt von der Rohrleitung 10 eine Ein- und/oder Austragsleitung 22 ab, die mit einem Ventil 24 geöffnet oder geschlossen werden kann. Die Leitung 22 ist ihrerseits an einem Anschluß 26 mit einer nicht dargestellten Ein/Austragsarmatur verbunden, mit deren Hilfe aus dem laufenden Prozeß z.B. Probenmengen entnommen werden können oder flüssige oder feste Zusatzstoffe in den Prozeß eingeleitet werden können.

[0052] Weiterhin ist die Leitung 22 mit einem Wärmetauscher 28 verbunden, so daß nach Art einer Parallelschaltung ein Bypaßzweig um den Homogenisator 12 gebildet ist, der über eine Leitung 30 und eine Armatur 32 in eine Ausgangsleitung 34 des Homogenisators 12 mündet.

[0053] An die Armatur 32, bei der es sich bspw. um ein Drei- oder Mehrwegeventil handeln kann, ist eine untere Rückführleitung 36 angeschlossen, die in einen unteren Bereich des Kessels 1 mündet, und/oder (hier sind beide dargestellt) eine obere Rückführleitung 38, die in einen oberen Bereich des Kessels 1 mündet.

[0054] Eine Reinigungsleitung 40 schließt sich an die obere Rückführleitung 38 an, ggf. über weitere Ventile, und steht mit einem Reinigungssprühkopf 39 in Verbindung, um das sogenannte "Cleaning in Place" (CIP) auszuführen, bei dem eine in der Regel niedrigviskose, oft wäßrige Waschflüssigkeit verwendet wird, die mit der Pumpe 8 zirkuliert wird, während der Homogenisator 12 bei mäßiger Drehzahl mitläuft oder stillsteht. Wenn der Homogenisator stillsteht, bietet er viel Widerstand, wobei dann die Reinigung im Bypaß gemacht werden könnte. Allerdings muß der Homogenisator selbst ebenfalls gereinigt werden, wobei dann bevorzugt ist, daß der Homogenisator bei mittlerer Drehzahl mitläuft, so daß er keinen nennenswerten Druckverlust verursacht oder sogar noch einen leichten Druckaufbau erzielt. Vorteilhaft hierbei ist, daß anders als bisher bei erhöhten Waschttemperaturen mit Absolutdrücken nahe am Dampfdruck keine Kavitation im Homogenisator auftreten kann.

[0055] Die einfachen Pfeile in den Leitungen in Fig. 1 geben die Fließ- bzw. Strömungsrichtung im normalen Betrieb an, während der Doppelpfeil 42 den Ein- oder Austrag über den Anschluß 26 bezeichnet und der Doppelpfeil 44 in der Leitung 30 sowie der Pfeil 46 auf einen möglichen Austrag über die Armatur 32 hinweisen.

[0056] Die Pumpe 8 erfüllt je nach Betriebsmodus unterschiedliche Aufgaben und kann idealerweise sowohl Produkte mit sehr hohen Viskositäten und höheren Feststoffgehalten als auch Produkte mit sehr niedrigen Viskositäten, z.B. wäßrige Lösungen, verarbeiten.

[0057] Grundsätzlich kommt jede Pumpenbauart in Betracht, wobei Verdrängerpumpen wie z.B. Kolbenpumpen weniger günstig sind, Kreiselpumpen dagegen besonders vorteilhaft sind.

[0058] Bei der nachfolgend im einzelnen betrachteten Bauart der Kreiselpumpe ist die Geometrie des Pumpflügelrades bevorzugt so gewählt, daß ein mäßiger Druckaufbau mit beispielsweise maximal 5 bar möglich ist. Der dabei zu fördernde Volumenstrom entspricht dem jeweiligen Betriebsmodus. Beim Homogenisieren mit höher viskosen Substanzen entspricht der maximale Volumenstrom der Pumpe dem maximal vom Homogenisator zu verarbeitenden Volumenstrom, während Druck und Volumenstrom beim Reinigen (CIP) mit niedrig viskoser Waschflüssigkeit der idealen Kennlinie der im Reinigungskopf montierten CIP-Düsen entspricht.

[0059] Im Rahmen der Erfindung sind Kreiselpumpen nach dem Radialpumpenprinzip mit zentraler axialer Ansaugung und einer Pumpflügelgeometrie, die höhere bis sehr hohe Viskositäten berücksichtigt, besonders geeignet. Eine solche Radialpumpe ist ferner aus dem Grunde besonders geeignet, da sie ermöglicht, bei niedrigen Drehzahlen Produkte druckverlustarm durchzulassen, d.h. sie ist im weitesten Sinne "durchlässig".

[0060] Weiterhin zeichnet sich eine im Rahmen der Erfindung vorteilhafte Pumpe dadurch aus, daß sie im Vergleich zum Homogenisator eine geringe Scherung des Produkts zur Folge hat, also im weitesten Sinne scherarm ist.

[0061] Bei einer Anordnung unmittelbar unterhalb des Kesselbodens 6, wie in Fig. 1 dargestellt, steht zum Einsaugen ein großer Querschnitt zur Verfügung, und es entsteht kaum ein Druckverlust in der Zuleitung zur Pumpe.

[0062] Die Zuführung von pulverförmigen oder flüssigen Zusatzstoffen erfolgt zweckmäßigerweise nicht im Pumpeneinlaß, sondern gemäß Fig. 1 nach der Pumpe und vor dem Homogenisator, so daß sich der Druckverlust im Ansaugmund

der Pumpe verringert. Bei Fehlern beim Einsaugen von Pulvern kann dadurch ein Pulverdurchschlag (Rückströmung) direkt in den Kessel verhindert werden, da die Pumpe gewissermaßen als Barriere wirkt.

[0063] Je nach Betriebsmodus der Anlage sind unterschiedliche örtliche Drücke bzw. Druckverläufe zweckmäßig, die in der nachfolgenden Tabelle beispielhaft dargestellt sind.

Drücke absolut in bar, Idealwerte

[0064]

Betriebsmodus	Im Kessel (Vor Pumpe)	nach Pumpe (Vor Homogenisator)	Nach Homogenisator
Höchster Schereintrag	0, 5 bis 1	2 bis 4 (mittlere Drehzahl)	0,8 bis 2 (Druckverlust Leitung)
Hoher Schereintrag	0,2 bis 0, 5 bis 1	3 bis 5 (sehr hohe Drehzahl)	0,6 bis 1,5 (Druckverlust Leitung)
Einsaugen	0,2 bis 0, 5	0,2 bis 0, 5 (niedrige Drehzahl)	0,6 bis 0,8 (Druckverlust Leitung)
Cold-Hot	0,2 bis 0, 5	0,2 bis 0, 5 (sehr niedrige Drehzahl)	0,6 bis 0,8 (hohe Drehzahl)
Niedriger Schereintrag	1 (atmosphärisch)	2 bis 3 (mittlere Drehzahl)	1 (atmosphärisch) Homog. steht still
Austrag vor Homog Bypass über Wärmeübertrager	1 (atmosphärisch)	2 bis 5 (sehr hohe Drehzahl)	1 bis 2 (atmosphärisch) Homog. steht still
CIP	1 (atmosphärisch)	3 bis 5 (Kennlinie CIP-Düsen)	3 bis 5 (Kennlinie CIP-Düsen)

[0065] Durch die getrennte Anordnung und den getrennten Antrieb von Pumpe und Homogenisator ergibt sich erfindungsgemäß der Vorteil, daß sowohl höchste Scherenergieeinträge im Homogenisator möglich sind, ohne daß eine Gefahr von Kavitation besteht, da die Pumpe einen erforderlichen Druck zur Verfügung stellen kann, als auch niedrigste Scherenergieeinträge, z.B. beim Austrag von scherempfindlichen Gütern, da die Pumpe ein günstig geformtes Laufrad aufweist, das zur optimalen Druckerhöhung bei geringstmöglichem Scherenergieeintrag ausgelegt ist.

[0066] Weiterhin können Feststoffe und Flüssigkeiten direkt in das Rotor-Stator-System eingeleitet werden, beispielsweise über das Ventil 24 zwischen Pumpe und Homogenisator, wobei der gleiche Anschluß auch für den Austrag genutzt werden kann.

[0067] Der Homogenisator kann je nach Einsatzsituation eine vor- oder nachgeschaltete Pumpradstufe aufweisen oder auch nicht. Dadurch kann der Rotor ggf. vereinfacht ausgelegt werden.

[0068] Beim Zuführen von Zusatzstoffen über die Armatur 24 kann es zweckmäßig sein, wenn die Pumpe mit niedriger Drehzahl arbeitet und im wesentlichen lediglich den Druckverlust der Pumpe aufhebt, so daß im Kessel sowie vor und hinter der Pumpe im wesentlichen der gleiche Absolutdruck herrscht, in der Regel ein technisches Vakuum (beispielsweise 200 bis 400 mbar), so daß dieser Unterdruck auch an dem Ventil 24 anliegt und zum Einsaugen genutzt werden kann.

Bezugszeichenliste

[0069]

- 1 Kessel
- 2 Rührwerksantrieb
- 4 Rührwerk
- 6 Kesselboden
- 8 Pumpe (Pumpeinrichtung)
- 10 Rohrleitung
- 12 Homogenisator (Homogenisiereinrichtung)
- 14, 16 Antriebsmotor

	18	Regeleinheit
	20	Meßfühler
	22	Ein-/Austragsleitung
	24	Ventil
5	26	Anschluß
	28	Wärmetauscher
	30	Leitung
	32	Armatur (Mehrwegeventil)
	34	Ausgangsleitung
10	36	untere Rückführleitung
	38	obere Rückführleitung
	39	Reinigungssprühkopf
	40	Reinigungsleitung
	42, 44	Doppelpfeil
15	46	Pfeil

Patentansprüche

- 20 1. Verfahren zum Homogenisieren eines pumpfähigen Produkts, bei dem das Produkt unter Druck gesetzt und in einer mit einem Antrieb (16) versehenen Homogenisiereinrichtung (12), die einen in einem Gehäuse drehbar gelagerten, antreibbaren Rotor und einen stillstehenden oder relativ zu dem Rotor mit einer einstellbaren Relativedrehzahl antreibbaren Stator aufweist, homogenisiert wird, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Produkt vor der Homogenisier-
25 einrichtung (12) mittels einer mit einem separaten Antrieb (14) versehenen Pumpeinrichtung (8) mit einem unab-
25 hängig von dem Antrieb der Homogenisiereinrichtung (12) vorgebbaren Druck beaufschlagt wird, wobei der Druck so geregelt wird, daß in der Homogenisiereinrichtung (12) keine Kavitation auftritt.
- 30 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Druck durch eine kennfeldgesteuerte Regeleinheit geregelt wird, wobei ein Kennfeld zumindest die Drehzahl der Homogenisiereinrichtung und die Art des Produkts als Eingangsparameter enthält und entweder auf vorab gemessenen oder auf berechneten Daten basiert.
- 35 3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Druck durch einen Regler mit einer Rechneinheit gesteuert wird, wobei die Rechneinheit auf der Grundlage von empirisch oder theoretisch bestimmten Zusammenhängen zwischen zumindest der Drehzahl der Homogenisiereinrichtung und mindestens einer charakteristi-
35 schen Eigenschaft des Produkts einerseits und dem zur Vermeidung von Kavitation erforderlichen Druck andererseits diesen berechnet.
- 40 4. Vorrichtung zum Homogenisieren eines pumpfähigen Produkts, mit einer Homogenisiereinrichtung (12), die einen in einem Gehäuse drehbar gelagerten, antreibbaren Rotor und einen stillstehenden oder relativ zu dem Rotor mit einer einstellbaren Relativedrehzahl antreibbaren Stator aufweist, und mit einer der Homogenisiereinrichtung (12) vorgeschalteten Pumpeinrichtung (8), **dadurch gekennzeichnet, daß** die Pumpeinrichtung (8) unabhängig von
45 der Homogenisiereinrichtung (12) antreibbar ist, wobei der Pumpeinrichtung (8) eine mit einem vor der Homogenisiereinrichtung (12) angeordneten Drucksensor zur Erfassung eines Drucks verbundene Regeleinheit zugeordnet ist, die zur Regelung des Drucks eingerichtet ist, derart, daß in der Homogenisiereinrichtung (12) keine Kavitation auftritt.
- 50 5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Regeleinheit kennfeldgesteuert ist, mit einem Kennfeld, das zumindest die Drehzahl der Homogenisiereinrichtung und die Art des Produkts als Eingangsparameter enthält und entweder auf vorab gemessenen oder auf berechneten Daten basiert.
- 55 6. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Regeleinheit eine Recheneinheit aufweist, die so eingerichtet ist, daß sie auf der Grundlage von empirisch oder theoretisch bestimmten Zusammenhängen zwischen zumindest der Drehzahl der Homogenisiereinrichtung und mindestens einer charakteristischen Eigenschaft des Produkts einerseits und dem zur Vermeidung von Kavitation erforderlichen Druck andererseits diesen berechnet.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Pumpeinrichtung (8) und die Homogenisiereinrichtung (12) in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Pumpeinrichtung (8) ein separates Pumpengehäuse aufweist.
- 5 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Homogenisiereinrichtung (12) und die Pumpeinrichtung (8) räumlich getrennt voneinander angeordnet und mit einer Rohrleitung (10) verbunden sind.
- 10 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Pumpeinrichtung (8) vertikal unterhalb eines Produktkessels (1) angeordnet ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Pumpeinrichtung (8) als ein- oder mehrstufige Radial- oder Axialpumpe ausgebildet ist.
- 15 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen der Pumpeinrichtung (8) und der Homogenisiereinrichtung (12) mindestens eine Armatur (24), insbesondere ein Ventil, angeordnet ist.
- 20 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen der Pumpeinrichtung (8) und der Homogenisiereinrichtung (12) ein Partikelgrößensensor und/oder eine Durchflußmeßeinrichtung (20) angeordnet ist.
- 25 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** nach der Homogenisiereinrichtung (12) eine Druckmeßeinrichtung und/oder ein Partikelgrößensensor und/oder eine Durchflußmeßeinrichtung angeordnet ist.
- 30 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Homogenisiereinrichtung (12) eine mit dem Rotor drehfest verbundene Pumpstufe, insbesondere ein Pumprad, aufweist.
- 35 16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Parallelschaltung zu der Homogenisiereinrichtung (12) ein diese umgehender, einen Wärmetauscher (28) enthaltender Bypasszweig angeordnet ist.
- 40
- 45
- 50
- 55

Fig. 1

