

(19)



(11)

EP 3 288 674 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
01.04.2020 Patentblatt 2020/14

(51) Int Cl.:
B01F 7/00 (2006.01) B01F 3/10 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16719396.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/059506

(22) Anmeldetag: **28.04.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2016/174146 (03.11.2016 Gazette 2016/44)

(54) **RÜHRORGANVORRICHTUNG**

STIRRING DEVICE

SYSTÈME D'ORGANE D'AGITATION

(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

(30) Priorität: **28.04.2015 DE 102015106512**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.03.2018 Patentblatt 2018/10

(73) Patentinhaber: **EKATO Rühr- und Mischtechnik GmbH**
79650 Schopfheim (DE)

(72) Erfinder:
• **GEZORK, Klaus**
79650 Schopfheim (DE)
• **HIMMELSBACH, Werner**
79618 Rheinfelden (DE)

(74) Vertreter: **Daub, Thomas**
Patent- und Rechtsanwaltskanzlei Daub
Bahnhofstrasse 5
88662 Überlingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
CH-A5- 690 835 DE-C2- 3 143 287
DE-U1-202011 052 408 JP-A- 2015 033 658
US-A- 2 579 874 US-A- 5 297 938

EP 3 288 674 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

Stand der Technik

- 5 **[0001]** Die Erfindung betrifft eine Rührorganvorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.
- [0002]** Es sind bereits radialfördernde Rührorgane zum Mischen viskoser Medien vorgeschlagen worden, mit einer Rührorgannabe, welche dazu vorgesehen ist, um eine Drehachse zu rotieren, mit mehreren Rührblättern und mit Tragarmen, welche die Rührblätter mit der Rührorgannabe verbinden.
- 10 **[0003]** Die DE 295 02443 U1 zeigt einen Mischer mit einem Mischtrog zur Aufnahme von Mischgut, enthaltend wenigstens ein auf einem Rotor angeordnetes und von oben in den Mischtrog hinein ragendes Mischwerkzeug, wobei der Rotor einen Spannsatz aufweist und das Mischwerkzeug mittels des Spannsatzes mit dem Rotor verbindbar ist.
- [0004]** Die DE 103 10 091 A1 zeigt eine Vorrichtung zur Durchführung von chemischen und physikalischen Prozessen, bei welchen fließfähige Substanzen miteinander vermischt werden, bestehend aus einem senkrechten zylindrischen Behälter mit Einlässen und Auslässen, sowie einer zentralen Welle und an dieser angeordneten, sich bis nahe zur
- 15 Wandung erstreckenden, radialen Rührflügeln, wobei die Rührflügel in Umfangsrichtung gesehen gekrümmt ausgebildet sind, wobei die Rührflügel als Rührorgane paarweise übereinander zu Gruppen zusammengefasst sind und wobei die Flügel des einen Organs der Gruppe radial konkav und die Flügel des anderen Organs radial konvex gekrümmt sind.
- [0005]** Die DE 28 31 192 C2 zeigt ein Verfahren zur Durchmischung eines in der Hauptsache flüssigen Reaktionsgemisches in einem Behälter durch Zufuhr von Mischenergie durch zwei in vertikaler und horizontaler Richtung versetzt
- 20 zueinander in einem Rührwerkbehälter angeordnete Axialrührer, wobei in beiden Rührbereichen durch unterschiedliche Drehzahlen der Axialrührer und/oder unterschiedliche Geometrie der Rührorgane der beiden Axialrührer gleiche Fördermengen in entgegengesetzten axialen Förderrichtungen bei entgegengesetzter Drehrichtung der Axialrührer zur Erzielung einer freien Turbulenz auf der Verbindungslinie zwischen den Stellen erzeugt werden, an denen die Mischenergie zugeführt wird.
- 25 **[0006]** Die DE 31 43 287 C2 zeigt ein Rührwerk für Traubenmaische, das eine umlaufende Welle und blattförmige Mischflügel aufweist, die mindestens einen in einem Winkel schräg gegen die Umlaufrichtung angestellten ersten Abschnitt aufweisen, wobei sich an den ersten Abschnitt in mindestens einer Umlaufrichtung gesehen ein zweiter in gleicher Richtung angestellter Flügelabschnitt anschließt, dessen Anstellwinkel kleiner als der des ersten Abschnitt ist.
- [0007]** Die DE 100 23 698 A1 zeigt eine Misch- und Auflösemaschine mit einer um eine vertikale Drehachse umlaufenden, nach oben fördernden Mischwendel, wobei der genannten ersten Mischwendel in axialer Richtung eine zweite Mischwendel nachgeordnet ist und wobei sich zwischen den Mischwendeln in axialer Richtung eine Übergangszone erstreckt.
- 30 **[0008]** Die FR 2 346 977 A2 zeigt einen Mischtrog mit einem an einer Oberseite des Mischtrogs zentral angeordneten Mischer, welcher eine Antriebswelle mit unmittelbar an der Antriebswelle befestigten geschwungenen Rührblättern aufweist, die in einen Innenraum des Mischtrogs von oben hineinragt.
- 35 **[0009]** JP 2015-33658 offenbart eine Rührorganvorrichtung entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1.
- [0010]** Die Aufgabe der Erfindung besteht insbesondere darin, eine Rührorganvorrichtung mit verbesserten Eigenschaften hinsichtlich eines Mischverhaltens bereitzustellen. Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst, während vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung den Unteransprüchen entnommen
- 40 werden können.

Vorteile der Erfindung

- [0011]** Die Erfindung betrifft eine radialfördernde Rührorganvorrichtung entsprechend Anspruch 1, insbesondere zum
- 45 Mischen mittelviskoser bis hochviskoser Medien, mit zumindest einer Rührorgannabe (10), welche dazu vorgesehen ist, um eine Drehachse (12) zu rotieren, mit zumindest einem Rührblatt (14) und mit zumindest einem Tragarm (16), welcher das Rührblatt (14) mit der Rührorgannabe (10) verbindet, wobei zumindest eine von der Drehachse (12) ausgehende Halbgerade (18) existiert, welche einen Schwerpunkt eines Anbindungsflächenbereichs (20) des Tragarms (16) an die Rührorgannabe (10) schneidet und welche frei von Schnittpunkten mit dem Rührblatt (14) ist, und wobei das
- 50 Rührblatt (14) zumindest eine Abkantung (22) aufweist, welche das Rührblatt (14) in zumindest zwei Rührblattabschnitte (24, 26) unterteilt. Vorteilhaft weist die Rührorganvorrichtung mehrere, vorzugsweise zumindest im Wesentlichen zueinander identische, Rührblätter, insbesondere zumindest zwei, vorzugsweise genau zwei, Rührblätter, und/oder mehrere, vorzugsweise zumindest im Wesentlichen zueinander identische, Tragarme, insbesondere zumindest zwei, vorzugsweise genau zwei, Tragarme, auf. Unter der Wendung "zumindest im Wesentlichen zueinander identisch" soll dabei
- 55 insbesondere, abgesehen von Fertigungstoleranzen, zueinander identisch verstanden werden. Unter einer "Rührorganvorrichtung" soll insbesondere zumindest ein Teil und/oder eine Baugruppe, insbesondere eine Unterbaugruppe, eines Rührorgans, insbesondere eines axialfördernden Rührorgans und vorteilhaft eines radialfördernden Rührorgans, verstanden werden. Insbesondere kann die Rührorganvorrichtung auch das gesamte Rührorgan, insbesondere das ge-

samte axialfördernde Rührorgan und vorteilhaft das gesamte radialfördernde Rührorgan, umfassen. Insbesondere ist das Rührorgan dabei von einem Propeller und/oder Lüfterrad, insbesondere zum Fördern von Luft, verschieden. Die Rührorganvorrichtung ist vorzugsweise dazu vorgesehen, in zumindest einem Betriebszustand eine Kolbenströmung zu erzeugen. Ferner soll unter einem "mittelviskosen bis hochviskosen Medium" insbesondere ein, insbesondere einphasiges und/oder mehrphasiges Medium, insbesondere mit zumindest einer festen, zumindest einer flüssigen und/oder zumindest einer gasförmigen Phase, verstanden werden, welches insbesondere rheologisch deutlich nicht-newtonsche Eigenschaften aufweist, wie beispielsweise strukturviskose Medien und/oder Medien mit Fließgrenzen. Eine Viskosität und/oder eine scheinbare Viskosität des mittelviskosen bis hochviskosen Mediums, insbesondere am Rührorgan, liegt dabei, insbesondere bei Scherraten von 10/s, insbesondere ohne Gasanteile betrachtet, zwischen 0,5 Pa·s (Pascalsekunden) und 200 Pa·s, vorzugsweise zwischen 1 Pa·s und 100 Pa·s und besonders bevorzugt zwischen 2 Pa·s und 30 Pa·s. Das mittelviskose bis hochviskose Medium umfasst vorzugsweise Biomasse. Insbesondere führt das mittelviskose bis hochviskose Medium zu einer Reynolds-Zahl im Bereich zwischen 10 und 10000, vorteilhaft zwischen 15 und 8000, vorzugsweise zwischen 25 und 5000 und besonders bevorzugt zwischen 30 und 1000. Insbesondere ist die Rührorganvorrichtung derart ausgebildet, insbesondere durch eine spezielle Form und/oder ein spezielles Material, derartige mittelviskose bis hochviskose Medien zu bearbeiten.

[0012] Das Rührblatt ist insbesondere zumindest im Wesentlichen plattenartig und besonders bevorzugt einstückig ausgebildet. Das Rührblatt kann dabei insbesondere bei einer Betrachtung senkrecht zu einer Haupterstreckungsebene des Rührblatts eine beliebige, einem Fachmann als sinnvoll erscheinende, Kontur und/oder Form aufweisen, wie beispielsweise zumindest im Wesentlichen rechteckig, dreieckig und/oder trapezförmig. In diesem Zusammenhang soll unter einer "Haupterstreckungsebene" eines Objekts insbesondere eine Ebene verstanden werden, welche parallel zu einer größten Seitenfläche eines kleinsten gedachten Quaders ist, welcher das Objekt gerade noch vollständig umschließt, und insbesondere durch einen Mittelpunkt, insbesondere einen geometrischen Mittelpunkt, des Quaders verläuft. Ferner soll unter einem "zumindest im Wesentlichen" rechteckigen, dreieckigen und/oder trapezförmigen Objekt, insbesondere ein Objekt verstanden werden, welches mit einem Volumenanteil von höchstens 40 %, vorteilhaft von höchstens 30 %, vorzugsweise von höchstens 20 % und besonders bevorzugt von höchstens 10 % von einem rechteckigen, dreieckigen und/oder trapezförmigen Referenzobjekt abweicht. Ferner soll unter "einstückig" insbesondere zumindest stoffschlüssig verbunden verstanden werden. Der Stoffschluss kann beispielsweise durch einen Klebprozess, einen Schweißprozess, einen Lötprozess und/oder einen anderen, einem Fachmann als sinnvoll erscheinenden, Prozess hergestellt werden. Vorteilhaft soll unter einstückig jedoch in einem Stück geformt verstanden werden. Vorzugsweise wird dieses eine Stück aus einem einzelnen Rohling und/oder einem Guss hergestellt. Die Rührorgannabe ist insbesondere dazu vorgesehen, in zumindest einem Betriebszustand zumindest eine Rührwelle aufzunehmen und/oder an der zumindest einen Rührwelle befestigt zu werden. Die zumindest eine Rührwelle definiert dabei insbesondere die Drehachse. Vorteilhaft ist die Drehachse parallel zu einer Haupterstreckungsrichtung der Rührwelle angeordnet. Besonders bevorzugt erstreckt sich die Drehachse dabei, insbesondere bei einer Betrachtung senkrecht zur Haupterstreckungsebene der Rührwelle, durch einen, insbesondere geometrischen, Mittelpunkt der Rührwelle. Unter einer "Haupterstreckungsrichtung" eines Objekts soll insbesondere eine Richtung verstanden werden, welche parallel zu einer längsten Kante eines kleinsten geometrischen Quaders ist, welcher das Objekt gerade noch vollständig umschließt. Vorteilhaft ist die Rührorgannabe einstückig ausgebildet. Die zumindest eine Rührorgannabe ist dabei insbesondere zur Befestigung des Rührblatts vorgesehen. Vorzugsweise ist das Rührblatt in einem montierten Zustand derart an der Rührorgannabe angeordnet, dass die Haupterstreckungsebene des Rührblatts und die Drehachse zumindest im Wesentlichen parallel zueinander orientiert sind. Unter "zumindest im Wesentlichen parallel" soll dabei insbesondere eine Ausrichtung zumindest einer Richtung relativ zu wenigstens einer Bezugsrichtung, insbesondere in einer Ebene, verstanden werden, wobei die Richtung gegenüber der Bezugsrichtung eine Abweichung insbesondere kleiner als 8°, vorteilhaft kleiner als 5° und besonders vorteilhaft kleiner als 2° aufweist. Unter "vorgesehen" soll insbesondere speziell ausgelegt und/oder ausgestattet verstanden werden. Darunter, dass ein Objekt zu einer bestimmten Funktion vorgesehen ist, soll insbesondere verstanden werden, dass das Objekt diese bestimmte Funktion in zumindest einem Anwendungs- und/oder Betriebszustand erfüllt und/oder ausführt. Der Tragarm kann als beliebiges, einem Fachmann als sinnvoll erscheinendes, Anbindungselement, insbesondere Halteelement, ausgebildet sein, wie beispielsweise als Tragplatte. Vorzugsweise ist der Tragarm jedoch als stabförmiger Holm ausgebildet. Besonders bevorzugt ist der Tragarm einstückig ausgebildet. Der Tragarm ist dabei insbesondere frei von scharfen Kanten. Darüber hinaus soll unter einem "Anbindungsflächenbereich" insbesondere ein Flächennahbereich und/oder eine Kontaktfläche verstanden werden, an welchem der Tragarm mit der Rührorgannabe verbunden ist. In diesem Zusammenhang soll unter einem "Flächennahbereich" insbesondere ein räumlicher Flächenbereich verstanden werden, welcher aus Punkten gebildet ist, die jeweils einen Abstand von höchstens 5 %, vorteilhaft von höchstens 2 %, vorzugsweise von höchstens 0,5 % und besonders bevorzugt von höchstens 0,1 % eines gesamten Rührorgandurchmessers von einem Referenzpunkt aufweisen.

[0013] Insbesondere kann das Rührblatt, die Rührorgannabe und/oder der Tragarm zumindest teilweise, vorzugsweise zu wenigstens einem Großteil und besonders bevorzugt vollständig aus einer Legierung und/oder einem Metall, insbesondere Edelstahl, Duplexstahl und/oder Titan, bestehen. Vorteilhaft bestehen das Rührblatt, die Rührorgannabe

und/oder der Tragarm aus demselben Material. Unter dem Ausdruck "zu wenigstens einem Großteil" soll dabei insbesondere zu zumindest 50 %, vorzugsweise zu zumindest 70 % und besonders bevorzugt zu zumindest 90 % verstanden werden. Durch diese Ausgestaltung kann eine Rührorganvorrichtung mit verbesserten Eigenschaften hinsichtlich eines Mischverhaltens bereitgestellt werden. Dabei kann ein Förderverhalten in radialer Richtung gezielt beeinflusst und ein axialer Stoffaustausch zwischen einzelnen Rührstufen minimiert werden, wodurch vorteilhaft eine enge Verweilzeitverteilung erreicht werden kann. Dabei kann das mittelviskose bis hochviskose Medium auch in der Nähe einer Behälterwand vorteilhaft gemischt und Totzonen können wirkungsvoll vermieden werden. Zudem kann insbesondere ein gleichmäßiger Leistungseintrag, insbesondere zeitlicher und/oder räumlicher Leistungseintrag, in das mittelviskose bis hochviskose Medium erreicht werden. Ferner kann vorteilhaft eine konstruktiv einfache und vorteilhaft kosteneffiziente Rührorganvorrichtung bereitgestellt werden. Zudem können durch eine optimierte Geometrie des Rührorgans mit einem vorteilhaft reduzierten Leistungsbeiwert, Betriebszeiten, insbesondere beim Rühren und/oder Mischen mittelviskoser bis hochviskoser Medien, insbesondere zum Aufschluss von Biomasse, verringert und vorteilhaft Kosten reduziert werden. Ferner wird vorgeschlagen, dass bei einer Betrachtung in Richtung der Drehachse eine Haupterstreckungsrichtung des Rührblatts mit der Halbgeraden einen Winkel zwischen 45° und 135° , vorzugsweise zwischen 55° und 125° und besonders bevorzugt zwischen 70° und 110° einschließt. Hierdurch kann vorteilhaft eine zumindest im Wesentlichen radiale Strömung erzeugt werden.

[0014] Der Tragarm ist zumindest im Wesentlichen L-förmig ausgebildet, wodurch ein vorteilhafter Fluidstrom, insbesondere eines mittelviskosen bis hochviskosen Mediums, insbesondere in einem Nahbereich der Rührwelle, erzeugt werden kann.

Ist der Tragarm zumindest im Wesentlichen auf halber Höhe des Rührblatts, insbesondere zentral an dem Rührblatt, angeordnet, kann ein Fluidstrom weiter optimiert werden. Unter der Wendung "zumindest im Wesentlichen auf halber Höhe" soll insbesondere verstanden werden, dass ein Abstand des Tragarms von einem zentralen Anbindungspunkt des Rührblatts höchstens 0,5 %, vorzugsweise höchstens 0,1 % und besonders bevorzugt höchstens 0,05 % eines gesamten Rührorgandurchmessers entspricht.

In einer Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass das Rührblatt vorteilhaft n Abkantungen aufweist, welche das Rührblatt in zumindest zwei und vorteilhaft $n+1$ Rührblattabschnitte unterteilt. In diesem Fall entspricht n insbesondere einer ganzen Zahl zwischen 1 und 25, vorteilhaft zwischen 1 und 15, vorzugsweise zwischen 1 und 10 und besonders bevorzugt zwischen 1 und 5. Ein Kantungswinkel, insbesondere Innenwinkel, der Abkantung liegt dabei insbesondere zwischen 91° und 175° , vorzugsweise zwischen 105° und 165° und besonders bevorzugt zwischen 130° und 160° . Hierdurch kann vorteilhaft eine Flexibilität gesteigert werden.

[0015] Die Abkantung, insbesondere eine Biegeachse der Abkantung, ist zumindest im Wesentlichen parallel zu der Drehachse angeordnet. Hierdurch kann vorteilhaft ein Förderverhalten in radialer Richtung an verschiedene Bedürfnisse angepasst werden.

Des Weiteren wird vorgeschlagen, dass eine Haupterstreckungslänge der Rührblattabschnitte von einer Rührblattinnenkante des Rührblatts in Richtung einer Rührblattaußenkante des Rührblatts abnimmt. Vorteilhaft weist ein innerster Rührblattabschnitt dabei eine Haupterstreckungslänge zwischen 2 % und 45 %, vorteilhaft zwischen 10 % und 40 %, vorzugsweise zwischen 20 % und 35 % und besonders bevorzugt zwischen 27 % und 31 %, eines gesamten Rührorgandurchmessers auf. In diesem Zusammenhang soll unter einer "Haupterstreckungslänge" eines Objekts insbesondere eine Länge, insbesondere des Objekts, verstanden werden, welche parallel zu einer längsten Kante eines kleinsten geometrischen Quaders ist, welcher das Objekt gerade noch vollständig umschließt. Unter einer "Rührblattinnenkante" des Rührblatts soll ferner insbesondere eine Rührblattkante, insbesondere Seitenfläche, des Rührblatts verstanden werden, welche insbesondere in einem montierten Zustand und/oder in zumindest einem Betriebszustand der Drehachse und/oder der Rührorgannabe zugewandt ist. Unter einer "Rührblattaußenkante" des Rührblatts soll insbesondere eine Rührblattkante, insbesondere Seitenfläche, des Rührblatts verstanden werden, welche insbesondere in einem montierten Zustand und/oder in zumindest einem Betriebszustand der Drehachse und/oder der Rührorgannabe abgewandt ist. Hierdurch kann insbesondere ein Mischverhalten optimiert werden und ein radiales sowie axiales Förderverhalten individuell angepasst werden.

[0016] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass eine Blatthöhe des Rührblatts in Richtung einer Rührblattaußenkante des Rührblatts abnimmt. Vorteilhaft ändert sich die Blatthöhe dabei zumindest in einem mittleren Bereich des Rührblatts, insbesondere bezogen auf eine Haupterstreckungsrichtung des Rührblatts, und/oder einem äußeren Bereich des Rührblatts, insbesondere bezogen auf eine Haupterstreckungsrichtung des Rührblatts, streng monoton, vorteilhaft linear. Besonders bevorzugt ist die Blatthöhe zumindest in einem inneren Bereich des Rührblatts, insbesondere bezogen auf eine Haupterstreckungsrichtung des Rührblatts, konstant, wodurch insbesondere ein Einführen und/oder Einfädeln des Rührorgans in ein Mannloch vereinfacht werden kann. Alternativ ist denkbar, dass sich die Blatthöhe im inneren Bereich des Rührblatts, insbesondere bezogen auf eine Haupterstreckungsrichtung des Rührblatts, streng monoton, vorteilhaft linear, ändert. Unter einer "Blatthöhe" des Rührblatts soll insbesondere eine Erstreckung des Rührblatts verstanden werden, welche, insbesondere in einem montierten Zustand und/oder in zumindest einem Betriebszustand, zumindest im Wesentlichen parallel zur Drehachse angeordnet ist. Ferner soll unter einem

"inneren Bereich" des Rührblatts insbesondere ein Bereich des Rührblatts verstanden werden, welcher insbesondere in einem montierten Zustand und/oder in zumindest einem Betriebszustand der Drehachse und/oder der Rührorgannabe zugewandt ist. Unter einem "äußeren Bereich" des Rührblatts soll insbesondere ein Bereich des Rührblatts verstanden werden, welcher insbesondere in einem montierten Zustand und/oder in zumindest einem Betriebszustand der Drehachse und/oder der Rührorgannabe abgewandt ist. Unter einem "mittleren Bereich" des Rührblatts soll insbesondere ein Bereich des Rührblatts verstanden werden, welcher insbesondere in einem montierten Zustand und/oder in zumindest einem Betriebszustand unmittelbar an den inneren Bereich und den äußeren Bereich angrenzt. Hierdurch kann insbesondere eine Homogenität eines Leistungseintrags, insbesondere eines zeitlichen und/oder räumlichen Leistungseintrags, in das mittelviskose bis hochviskose Medium und ein, insbesondere radiales, Strömungsverhalten entlang des Rührblatts verbessert werden.

[0017] Ein besonders vorteilhaftes Strömungsverhalten kann erreicht werden, wenn eine Blatthöhe des Rührblatts in einem Nahbereich einer Rührblattinnenkante des Rührblatts zwischen 1 % und 30 %, vorzugsweise zwischen 3 % und 20 % und besonders bevorzugt zwischen 5 % und 15 % eines gesamten Rührorgandurchmessers entspricht. Unter einem "Nahbereich" soll insbesondere ein räumlicher Bereich verstanden werden, welcher aus Punkten gebildet ist, die jeweils einen Abstand von höchstens 10 %, vorteilhaft von höchstens 5 %, vorzugsweise von höchstens 2 % und besonders bevorzugt von höchstens 1 % eines gesamten Rührorgandurchmessers von einem Referenzpunkt und/oder einem Referenzbauteil aufweisen.

[0018] Entspricht eine Blatthöhe des Rührblatts in einem Nahbereich einer Rührblattaußenkante des Rührblatts zwischen 0,5 % und 15 % und vorzugsweise zwischen 1 % und 5 % eines gesamten Rührorgandurchmessers, kann insbesondere ein optimierter Leistungseintrag erreicht werden.

[0019] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Rührorgannabe, der Tragarm und das Rührblatt zumindest teilweise einstückig und vorteilhaft einstückig miteinander ausgebildet sind. Hierdurch kann insbesondere eine Stabilität der Rührorganvorrichtung erhöht werden. Zudem kann eine Dauerfestigkeit und/oder eine Standzeit erhöht werden, wodurch insbesondere Wartungs- und Austauschintervalle verringert und Ausfallzeiten wesentlich verkürzt werden können.

[0020] Ferner wird ein Rührsystem mit zumindest einem, insbesondere vertikal angeordneten, Behälter, insbesondere Druckbehälter, insbesondere zu einer Aufnahme mittelviskoser bis hochviskoser Medien, und mit zumindest zwei in dem Behälter angeordneten Rührorganen mit jeweils zumindest einer Rührorganvorrichtung vorgeschlagen. Das Rührsystem kann dabei insbesondere zumindest eine Rührwelle umfassen. Die Rührorgane sind dabei vorteilhaft an der, insbesondere gemeinsamen, Rührwelle und insbesondere in vertikaler Richtung übereinander angeordnet. Vorteilhaft bilden die Rührorgane zumindest zwei Rührstufen aus. Besonders bevorzugt bildet jedes Rührorgan zumindest eine, vorteilhaft genau eine, Rührstufe aus. Insbesondere definiert jedes der Rührorgane und/oder jede Rührstufe zumindest ein Kompartiment, insbesondere einen Mischraum, des Behälters. Insbesondere bei hochviskosen Medien kann jedes der Rührorgane und/oder jede Rührstufe auch zumindest zwei, vorteilhaft genau zwei, Kompartimente ausbilden. Vorzugsweise ist eine Drehachse dabei insbesondere parallel zu einer, insbesondere vertikal angeordneten, Behälterachse und/oder dem Behälter angeordnet. Vorzugsweise kann das Rührsystem auch mehrere Rührorgane, insbesondere zumindest drei, zumindest vier und/oder zumindest fünf Rührorgane, umfassen, welche insbesondere an einer, insbesondere gemeinsamen, Rührwelle, insbesondere übereinander, angeordnet und/oder befestigt sein können. Das Rührsystem kann ferner insbesondere zumindest ein, insbesondere in dem Behälter angeordnetes, mittelviskoses bis hochviskoses Medium umfassen. Bevorzugt durchströmt das mittelviskose bis hochviskose Medium den Behälter, vorteilhaft kontinuierlich, in axialer Richtung, insbesondere von oben nach unten, insbesondere aufgrund einer externen und/oder extern aufgeprägten Strömungskomponente. Ferner ist das Rührsystem insbesondere dazu vorgesehen, in zumindest einem Betriebszustand eine Kolbenströmung zu erzeugen. Vorteilhaft ist das Rührsystem dazu vorgesehen, eine zumindest im Wesentlichen radiale Strömung zu erzeugen und insbesondere eine, insbesondere zusätzliche, insbesondere durch die Rührorgane erzeugte, axiale Strömung, insbesondere bezogen auf die Drehachse und/oder Behälterachse, zumindest im Wesentlichen zu unterdrücken und/oder zu verhindern. Darunter, dass ein Objekt dazu vorgesehen ist, eine "axiale Strömung zumindest im Wesentlichen zu unterdrücken" soll in diesem Zusammenhang insbesondere verstanden werden, dass das Objekt dazu vorgesehen ist, ein Strömungsverhalten derart zu beeinflussen, dass eine, insbesondere zusätzliche, durch das Objekt aufgeprägte axiale Strömung höchstens 30 %, vorteilhaft höchstens 20 %, vorzugsweise höchstens 10 % und besonders bevorzugt höchstens 5 % einer gesamten und/oder effektiven axialen Strömung entspricht. Hierdurch kann ein, insbesondere im Hinblick auf ein Mischverhalten, optimiertes und langlebiges Rührsystem bereitgestellt werden, wobei ein Förderverhalten in radialer Richtung gezielt beeinflusst und ein axialer Stoffaustausch zwischen einzelnen Rührstufen und/oder einzelnen Kompartiments zumindest teilweise und vorzugsweise zu wenigstens einem Großteil unterdrückt werden kann, wodurch vorteilhaft eine enge Verweilzeitverteilung in den einzelnen Rührstufen und/oder Kompartiments erreicht werden kann. Zudem kann durch die spezielle Ausgestaltung der Rührorganvorrichtung ein Rührorgan bereitgestellt werden, welches vorteilhaft an eine Geometrie des Behälters angepasst ist, wodurch insbesondere eine nahezu optimale Kolbenströmung erreicht werden kann.

[0021] Zudem umfasst die Erfindung ein Verfahren entsprechend Anspruch 11, welches ein Verfahren zum Betrieb

eines Rührsystems ist, wobei ein in einem Behälter angeordnetes mittelviskoses bis hochviskoses Medium derart gemischt wird, dass eine, insbesondere zusätzliche, insbesondere durch Rührorgane erzeugte, axiale Strömung zumindest im Wesentlichen unterdrückt wird und insbesondere eine, zumindest im Wesentlichen, radiale Strömung erzeugt wird. Vorteilhaft kann das Rührsystem den, insbesondere vertikal angeordneten, Behälter, insbesondere Druckbehälter, insbesondere zu einer Aufnahme mittelviskoser bis hochviskoser Medien, zumindest zwei in dem Behälter angeordnete Rührorgane, zumindest eine Rührwelle und/oder zumindest ein, insbesondere in dem Behälter angeordnetes, mittelviskoses bis hochviskoses Medium umfassen. Vorzugsweise kann das Rührsystem auch mehrere Rührorgane, insbesondere zumindest drei, zumindest vier und/oder zumindest fünf Rührorgane, umfassen, welche insbesondere an einer, insbesondere gemeinsamen, Rührwelle, insbesondere übereinander, angeordnet und/oder befestigt sein können. Besonders bevorzugt entspricht das Rührsystem dem zuvor genannten Rührsystem, wobei die zumindest zwei in dem Behälter angeordneten Rührorgane jeweils zumindest eine Rührorganvorrichtung, insbesondere radialfördernden Rührorganvorrichtung, insbesondere zum Mischen mittelviskoser bis hochviskoser Medien, umfassen, mit zumindest einer Rührorgannabe, welche dazu vorgesehen ist, um eine Drehachse zu rotieren, mit zumindest einem Rührblatt und mit zumindest einem Tragarm, welcher das Rührblatt mit der Rührorgannabe verbindet, wobei zumindest eine von der Drehachse ausgehende Halbgerade existiert, welche einen Schwerpunkt eines Anbindungsflächenbereichs des Tragarms an die Rührorgannabe schneidet und welche frei von Schnittpunkten mit dem Rührblatt ist. Hierdurch kann ein Mischverhalten vorteilhaft verbessert werden.

[0022] Vorteilhaft bilden die zumindest zwei Rührorgane zumindest zwei Rührstufen aus und es wird in dem Behälter eine Kolbenströmung erzeugt, wobei das mittelviskose bis hochviskose Medium insbesondere derart gemischt wird, dass eine mittlere Verweilzeit wenigstens in den einzelnen Rührstufen zumindest im Wesentlichen identisch, insbesondere abgesehen von Betriebstoleranzen identisch, ist. Hierdurch kann insbesondere ein optimiertes Mischverhalten erreicht werden, wobei vorteilhaft eine zumindest im Wesentlichen radiale Strömung erzeugt und insbesondere eine, insbesondere durch die Rührorgane initiierte, axiale Strömung zumindest im Wesentlichen verhindert werden kann. Zudem kann insbesondere ein axialer Produktaustausch zwischen den Kompartments zumindest teilweise unterdrückt werden.

[0023] Die Rührorganvorrichtung soll hierbei nicht auf die oben beschriebene Anwendung und Ausführungsform beschränkt sein. Insbesondere kann die Rührorganvorrichtung zu einer Erfüllung einer hierin beschriebenen Funktionsweise eine von einer hierin genannten Anzahl von einzelnen Elementen, Bauteilen und Einheiten abweichende Anzahl aufweisen.

Zeichnungen

[0024] Weitere Vorteile ergeben sich aus der folgenden Zeichnungsbeschreibung. In den Zeichnungen ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Die Zeichnungen, die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen.

[0025] Es zeigen:

- Fig. 1 ein als Radialrührer ausgebildetes Rührorgan mit einer Rührorganvorrichtung in einer perspektivischen Darstellung,
- Fig. 2 das Rührorgan bei Betrachtung in Richtung einer Drehachse,
- Fig. 3 das Rührorgan in einer Seitansicht und
- Fig. 4 ein Rührsystem mit einem Behälter und mehreren Rührorganen aus den Figuren 1 bis 3.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0026] Die Figuren 1 bis 3 zeigen ein als Radialrührer ausgebildetes Rührorgan 32 in einem vollständig montierten Zustand in einer perspektivischen Darstellung (vgl. Figur 1), in einer Draufsicht (vgl. Figur 2) und in einer Seitenansicht (vgl. Figur 3). Das Rührorgan 32 ist im vorliegenden Fall einstückig ausgebildet. Alternativ ist denkbar, ein Rührorgan mehrteilig auszubilden, wie beispielsweise mittels zumindest einer Schraubverbindung. Das Rührorgan 32 umfasst eine, insbesondere radialfördernde, Rührorganvorrichtung. Die Rührorganvorrichtung ist zum Mischen hochviskoser Medien vorgesehen. Im vorliegenden Fall ist die Rührorganvorrichtung zum Aufschluss von Biomasse und insbesondere zur Verwendung bei der Ethanolherstellung vorgesehen.

[0027] Die Rührorganvorrichtung weist eine Rührorgannabe 10 auf. Die Rührorgannabe 10 ist im vorliegenden Fall einstückig ausgebildet. Die Rührorgannabe 10 besteht vollständig aus Edelstahl. Alternativ ist jedoch auch denkbar, eine Rührorgannabe mehrteilig auszubilden. Dabei könnte die Rührorgannabe beispielsweise zweiteilig und/oder vierteilig, bevorzugt mit identischen Rührorgannabenteilen, ausgebildet sein. Die Rührorgannabe 10 ist dazu vorgesehen, in zumindest einem Betriebszustand eine Rührwelle 36 (vgl. insbesondere Figur 4) aufzunehmen. Die Rührorgannabe

10 ist dazu vorgesehen, an der Rührwelle 36 befestigt zu werden. Eine Ausrichtung der Rührwelle 36 definiert eine Drehachse 12 der Rührorganvorrichtung. Die Rührorgannabe 10 ist dabei dazu vorgesehen, um die Drehachse 12 zu rotieren. Die Rührorgannabe 10 ist im vorliegenden Fall dazu vorgesehen, in beide Richtungen um die Drehachse 12 zu rotieren.

5 **[0028]** Zudem umfasst die Rührorganvorrichtung mehrere Rührblätter 14. Im vorliegenden Fall umfasst die Rührorganvorrichtung zwei Rührblätter 14. Der Übersichtlichkeit halber ist in den Figuren 1 bis 3 lediglich eines der Rührblätter 14 mit Bezugszeichen versehen. Die Rührblätter 14 sind zumindest im Wesentlichen zueinander identisch ausgebildet. Die Rührblätter 14 sind zumindest im Wesentlichen plattenförmig ausgebildet. Die Rührblätter 14 weisen eine zumindest
10 im Wesentlichen konstante Materialstärke auf. Die Rührblätter 14 sind einstückig ausgebildet. Die Rührblätter 14 bestehen vollständig aus Edelstahl. Die Rührblätter 14 sind bei einer Betrachtung senkrecht zu einer Haupterstreckungsebene des jeweiligen Rührblatts 14 zumindest im Wesentlichen trapezförmig ausgebildet (vgl. insbesondere Figur 3). Die Rührblätter 14 weisen jeweils eine Rührblattinnenkante 28 und eine Rührblattaußenkante 30 auf. Ferner sind die Rührblätter 14 in Winkelabständen von etwa 180° zueinander angeordnet. Alternativ könnte eine Rührorganvorrichtung auch drei Rührblätter, welche insbesondere in Winkelabständen von 120° zueinander angeordnet sind, und/oder vier
15 Rührblätter, welche insbesondere in Winkelabständen von 90° zueinander angeordnet sind, aufweisen. Alternativ ist auch denkbar, dass eine Rührorganvorrichtung mehr als vier Rührblätter, wie beispielsweise zumindest fünf, zumindest sechs, zumindest acht und/oder zumindest zehn Rührblätter aufweist. Die Rührblätter 14 sind beabstandet von der Rührorgannabe 10 angeordnet. Die Rührblätter 14 sind in einem montierten Zustand, derart an der Rührorgannabe 10
20 angeordnet, dass die Haupterstreckungsebene des jeweiligen Rührblatts 14 und die Drehachse 12 zumindest im Wesentlichen parallel zueinander orientiert sind. Im vorliegenden Fall sind die Rührblätter 14 mittelbar an der Rührorgannabe 10 befestigt.

[0029] Dazu umfasst die Rührorganvorrichtung mehrere Tragarme 16. Im vorliegenden Fall umfasst die Rührorganvorrichtung zwei Tragarme 16. Jeder Tragarm 16 ist einem der Rührblätter 14 zugeordnet. Der Übersichtlichkeit halber ist in den Figuren 1 bis 3 wiederum lediglich einer der Tragarme 16 mit Bezugszeichen versehen. Die Tragarme 16 sind
25 zumindest im Wesentlichen zueinander identisch ausgebildet. Die Tragarme 16 sind einstückig ausgebildet. Die Tragarme 16 bestehen vollständig aus Edelstahl. Die Tragarme 16 sind jeweils als stabförmiger Holm ausgebildet. Die Tragarme 16 sind zumindest im Wesentlichen zylinderförmig, insbesondere kreiszylinderförmig, ausgebildet. Im vorliegenden Fall sind die Tragarme 16 bei einer Betrachtung senkrecht zur Drehachse 12 zumindest im Wesentlichen L-förmig ausgebildet.

30 **[0030]** Die Tragarme 16 sind dazu vorgesehen, die Rührblätter 14 mit der Rührorgannabe 10 zu verbinden. Dazu sind die Tragarme 16 einerseits an der Rührorgannabe 10 und andererseits an einem der Rührblätter 14 befestigt. Im vorliegenden Fall sind die Tragarme 16 einstückig mit der Rührorgannabe 10 ausgebildet. Eine Kontaktfläche zwischen dem jeweiligen Tragarm 16 und der Rührorgannabe 10 entspricht einem Anbindungsflächenbereich 20 des Tragarms 16 an die Rührorgannabe 10. Ein Winkel zwischen den Tragarmen 16 und der Drehachse 12 entspricht im vorliegenden
35 Fall 90°. Alternativ ist jedoch auch denkbar, dass zumindest ein Tragarm mit einer Drehachse einen von 90° abweichenden Winkel aufweist. Ferner sind die Tragarme 16 einstückig mit dem jeweiligen Rührblatt 14 ausgebildet. Die Tragarme 16 sind auf halber Höhe des jeweiligen Rührblatts 14, insbesondere zentral an dem jeweiligen Rührblatt 14, angeordnet. Die Tragarme 16 erstrecken sich zu wenigstens einem Großteil parallel zu einer Haupterstreckungsrichtung 38 des jeweiligen Rührblatts 14. Die Tragarme 16 erstrecken sich zu wenigstens einem Großteil entlang einer Haupterstreckungslänge des Rührblatts 14. Eine Materialstärke der Tragarme 16 und/oder ein Durchmesser der Tragarme
40 16 ist dabei zumindest im Wesentlichen konstant. Alternativ ist denkbar, dass eine Materialstärke von Tragarmen und/oder ein Durchmesser der Tragarme in Richtung einer Rührblattaußenkante abnimmt. Zudem sind auch sämtliche weitere, einem Fachmann als sinnvoll erscheinende, Befestigungsmöglichkeiten denkbar. Insbesondere ist denkbar, dass zumindest ein Tragarm in einem montierten Zustand zumindest teilweise und/oder vollständig kraftschlüssig und/oder formschlüssig, wie insbesondere durch eine Schraubverbindung und/oder eine Steckverbindung mit einem Rührblatt und/oder einer Rührorgannabe verbunden ist. Zudem ist denkbar, eine Rührorgannabe, zumindest ein Tragarm und/oder zumindest ein Rührblatt aus einem anderen, einem Fachmann als sinnvoll erscheinenden, Material auszubilden, wie beispielsweise Edelstahl.

50 **[0031]** Im Folgenden wird nun lediglich eine Ausgestaltung eines der Rührblätter 14 und des dem Rührblatt 14 zugeordneten Tragarms 16 beschrieben, wobei die folgende Beschreibung auf das andere, insbesondere zumindest im Wesentlichen identisch ausgebildete, Rührblatt und den anderen, insbesondere zumindest im Wesentlichen identisch ausgebildeten, Tragarm übernommen werden kann.

[0032] Im vorliegenden Fall existiert eine Halbgerade 18, welche von der Drehachse 12 ausgeht und einen Schwerpunkt des Anbindungsflächenbereichs 20 des Tragarms 16 an die Rührorgannabe 10 schneidet und welche frei von Schnittpunkten mit dem Rührblatt 14 ist. Zudem schließt die Haupterstreckungsrichtung 38 des Rührblatts 14 mit der Halbgeraden 18 einen Winkel α von etwa 105° ein.
55

[0033] Ferner weist das Rührblatt 14 eine Abkantung 22 auf. Die Abkantung 22 ist parallel zu der Drehachse 12 angeordnet. Die Abkantung 22 ist auf einer der Rührblattaußenkante 30 zugewandten Seite des Rührblatts 14 ange-

ordnet. Ein Kantungswinkel β der Abkantung 22 liegt bei etwa 150° . Die Abkantung 22 unterteilt das Rührblatt 14 in zwei Rührblattabschnitte 24, 26. Eine Haupterstreckungslänge der Rührblattabschnitte 24, 26 nimmt von der Rührblattinnenkante 28 in Richtung der Rührblattaußenkante 30 ab. Ein innerer Rührblattabschnitt 24 der Rührblattabschnitte 24, 26 weist eine Haupterstreckungslänge von etwa 29 % eines gesamten Rührorgandurchmessers auf. Ein äußerer Rührblattabschnitt 26 der Rührblattabschnitte 24, 26 weist eine Haupterstreckungslänge von etwa 10 % eines gesamten Rührorgandurchmessers auf. Alternativ ist denkbar, dass ein Rührblatt mehrere Abkantungen, wie beispielsweise zumindest zwei und/oder zumindest drei Abkantungen, aufweist.

[0034] Darüber hinaus nimmt eine Blatthöhe des Rührblatts 14, insbesondere eine Erstreckung des Rührblatts 14 in Richtung der Drehachse 12, in Richtung der Rührblattaußenkante 30 ab. In einem inneren Bereich des Rührblatts 14 ist die Blatthöhe des Rührblatts 14 konstant. In einem mittleren Bereich des Rührblatts 14 ändert sich die Blatthöhe des Rührblatts 14 linear. In einem äußeren Bereich des Rührblatts 14 ändert sich die Blatthöhe des Rührblatts 14 linear. Im vorliegenden Fall entspricht eine Steigung einer Änderung der Blatthöhe des Rührblatts 14 im mittleren Bereich zumindest im Wesentlichen einer Steigung einer Änderung der Blatthöhe des Rührblatts 14 im äußeren Bereich. Eine Blatthöhe des Rührblatts 14 in einem Nahbereich der Rührblattinnenkante 28 entspricht im vorliegenden Fall etwa 8 % eines gesamten Rührorgandurchmessers. Ferner entspricht eine Blatthöhe des Rührblatts 14 in einem Nahbereich der Rührblattaußenkante 30 etwa 2 % eines gesamten Rührorgandurchmessers. Alternativ ist denkbar, dass sich eine Blatthöhe des Rührblatts über eine gesamte Längserstreckung des Rührblatts linear ändert.

[0035] Figur 4 zeigt ein beispielhaftes, insbesondere kontinuierlich betriebenes und durchströmtes, Rührsystem mit einem vertikal angeordneten Behälter 34 und mehreren in dem Behälter 34 angeordneten Rührorganen 32. Im vorliegenden Fall sind in dem Behälter 34 zumindest zwei Rührorgane 32 angeordnet. Die Rührorgane 32 sind zumindest im Wesentlichen zueinander identisch ausgebildet. Die Rührorgane 32 entsprechen dem Rührorgan 32 aus den Figuren 1 bis 3. Demnach weist jedes der Rührorgane 32 eine erfindungsgemäße Rührorganvorrichtung auf. Die Rührorgane 32 sind als Mehrstufenrührer ausgebildet. Die Rührorgane 32 sind an einer gemeinsamen Rührwelle 36 angeordnet. Die Rührorgane 32 sind an der Rührwelle 36 übereinander angeordnet. Jedes der Rührorgane 32 bildet dabei eine Rührstufe aus. Zudem definiert jedes der Rührorgane 32 und/oder jede Rührstufe zumindest ein Kompartiment, insbesondere einen Mischraum, des Behälters 34. Die Rührorgane 32 sind derart in dem Behälter 34 angeordnet, dass die Drehachse 12 parallel zu einer vertikal angeordneten Behälterachse angeordnet ist. Alternativ ist denkbar, eine unterschiedliche Anzahl und/oder unterschiedlich angeordnete und/oder unterschiedlich ausgebildete Rührorgane, welche insbesondere eine erfindungsgemäße Rührorganvorrichtung aufweisen können, in einem Behälter anzuordnen. Zudem ist denkbar, Rührorgane versetzt zueinander, wie beispielsweise um 30° , 45° , 60° und/oder 90° versetzt zueinander, und/oder spiegelverkehrt zueinander in einem Behälter anzuordnen.

[0036] In einem Betriebszustand ist in dem Behälter 34 ein mittelviskoses bis hochviskoses Medium (nicht dargestellt) angeordnet. Das mittelviskose bis hochviskose Medium umfasst im vorliegenden Fall Biomasse, insbesondere in Form einer Phase. Das mittelviskose bis hochviskose Medium durchströmt den Behälter 34 kontinuierlich von oben nach unten. Eine Reynolds-Zahl beträgt dabei zwischen 30 und 500.

[0037] Das Rührsystem ist dazu vorgesehen, eine Kolbenströmung zu erzeugen. Das Rührsystem und insbesondere die jeweiligen Rührorgane 32 ist/sind dazu vorgesehen, eine zumindest im Wesentlichen radiale Strömung zu erzeugen und eine durch die Rührorgane 32 erzeugte und insbesondere zusätzliche axiale Strömung zumindest im Wesentlichen zu verhindern. Eine axiale Strömungskomponente des mittelviskosen bis hochviskosen Mediums und/oder ein Produktaustausch zwischen den einzelnen Kompartiments ergibt sich dabei zumindest im Wesentlichen ausschließlich durch eine von außen aufgeprägte kontinuierliche Durchströmung des Behälters 34, während ein mittels der Rührorgane 32 initiiertes Produktaustausch zwischen den einzelnen Kompartiments zumindest im Wesentlichen vermieden wird. Eine konstruktive Ausgestaltung und/oder ein Design der Rührorgane 32 trägt dabei maßgeblich zu einer Stabilisierung der einzelnen Rührstufen und/oder Kompartiments bei.

[0038] Darüber hinaus wird das mittelviskose bis hochviskose Medium mittels des Rührsystems derart gemischt, dass eine mittlere Verweilzeit τ , insbesondere der Teilchen und/oder der Volumenelemente des mittelviskosen bis hochviskosen Mediums, in den einzelnen Rührstufen und/oder den einzelnen Kompartiments zumindest im Wesentlichen identisch ist. Die mittlere Verweilzeit τ ergibt sich dabei allgemein durch folgende Gleichung:

$$\tau = V/Q \quad (1)$$

[0039] Dabei entspricht V einem Volumen des jeweiligen Kompartiments und Q einem, vorteilhaft von außen aufgeprägten, Volumenstrom mit welchem der Behälter 34 durchströmt wird. Die mittlere Verweilzeit τ in den einzelnen Rührstufen ist dabei, vorteilhaft deutlich, größer als eine Mischzeit θ der Rührstufe. Im vorliegenden Fall beträgt die mittlere Verweilzeit τ zumindest $1 \cdot \theta$, vorzugsweise zumindest $3 \cdot \theta$ und besonders bevorzugt zumindest $6 \cdot \theta$. Vorteilhaft beträgt die mittlere Verweilzeit τ dabei höchstens $30 \cdot \theta$, vorzugsweise höchstens $20 \cdot \theta$ und besonders bevorzugt

höchstens $10 \cdot \theta$.

[0040] Durch ein derartiges Rührsystem kann ein vorteilhaftes Mischverhalten erreicht werden, wobei insbesondere ein axialer Produktaustausch zwischen den Kompartments reduziert und eine Ausbildung einer engen Verweilzeitverteilung gefördert werden kann.

Bezugszeichen

[0041]

10	10	Rührorgannabe
	12	Drehachse
	14	Rührblatt
	16	Tragarm
	18	Halbgerade
15	20	Anbindungsflächenbereich
	22	Abkantung
	24	Rührblattabschnitt
	26	Rührblattabschnitt
	28	Rührblattinnenkante
20	30	Rührblattaußenkante
	32	Rührorgan
	34	Behälter
	36	Rührwelle
	38	Haupterstreckungsrichtung
25	Q	Volumenstrom
	V	Volumen
	α	Winkel
	β	Kantungswinkel
	θ	Mischzeit
30	τ	Verweilzeit

Patentansprüche

- 35 1. Radialfördernde Rührorganvorrichtung mit zumindest einer Rührorgannabe (10), welche dazu vorgesehen ist, um eine Drehachse (12) zu rotieren, mit zumindest einem Rührblatt (14) und mit zumindest einem Tragarm (16), welcher das Rührblatt (14) mit der Rührorgannabe (10) verbindet, wobei zumindest eine von der Drehachse (12) ausgehende Halbgerade (18) existiert, welche einen Schwerpunkt eines Anbindungsflächenbereichs (20) des Tragarms (16) an die Rührorgannabe (10) schneidet und welche frei von Schnittpunkten mit dem Rührblatt (14) ist, und wobei das
40 Rührblatt (14) zumindest eine Abkantung (22) aufweist, welche das Rührblatt (14) in zumindest zwei Rührblattabschnitte (24, 26) unterteilt, wobei die Abkantung (22) zumindest im Wesentlichen parallel zu der Drehachse (12) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Tragarm (16) zumindest im Wesentlichen L-förmig ausgebildet ist.
- 45 2. Radialfördernde Rührorganvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer Betrachtung in Richtung der Drehachse (12) eine Haupterstreckungsrichtung (38) des Rührblatts (14) mit der Halbgeraden (18) einen Winkel (α) zwischen 45° und 135° einschließt.
- 50 3. Radialfördernde Rührorganvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Tragarm (16) zumindest im Wesentlichen auf halber Höhe des Rührblatts (14) angeordnet ist.
4. Radialfördernde Rührorganvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Haupterstreckungslänge der Rührblattabschnitte (24, 26) von einer Rührblattinnenkante (28) des Rührblatts (14) in Richtung einer Rührblattaußenkante (30) des Rührblatts (14) abnimmt.
55
5. Radialfördernde Rührorganvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Blatthöhe des Rührblatts (14) in Richtung einer Rührblattaußenkante (30) des Rührblatts (14) abnimmt.

6. Radialfördernde Rührorganvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Blatthöhe des Rührblatts (14) in einem Nahbereich einer Rührblattinnenkante (28) des Rührblatts (14) zwischen 1 % und 30 % eines gesamten Rührorgandurchmessers entspricht.
7. Radialfördernde Rührorganvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Blatthöhe des Rührblatts (14) in einem Nahbereich einer Rührblattaußenkante (30) des Rührblatts (14) zwischen 0,5 % und 15 % eines gesamten Rührorgandurchmessers entspricht.
8. Radialfördernde Rührorganvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rührorgannabe (10), der Tragarm (16) und das Rührblatt (14) zumindest teilweise einstückig miteinander ausgebildet sind.
9. Radialrührorgan mit einer radialfördernden Rührorganvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
10. Rührsystem mit zumindest einem Behälter (34) und zumindest zwei in dem Behälter (34) angeordneten Radialrührorganen (32) nach Anspruch 9.
11. Verfahren zum Betrieb eines Rührsystems nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein in einem Behälter (34) angeordnetes mittelviskoses bis hochviskoses Medium derart gemischt wird, dass eine axiale Strömung zumindest im Wesentlichen unterdrückt wird.
12. Verfahren zum Betrieb eines Rührsystems nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Behälter (34) eine Kolbenströmung erzeugt wird.

Claims

1. Radially conveying stirring device with at least one stirring element hub (10) configured to rotate about a rotational axis (12), with at least one stirring blade (14) and with at least one carrier arm (16) connecting the stirring blade (14) to the stirring element hub (10), wherein there is at least one half-line (18) which starts from the rotational axis (12), goes through a centre of mass of a connecting surface area (20) of the carrier arm (16) to the stirring element hub (10) and is free from intersection points with the stirring blade (14), and wherein the stirring blade (14) comprises at least one bevelling (22) dividing the stirring blade (14) into at least two stirring blade sections (24, 26), wherein the bevelling (22) is arranged at least substantially in parallel to the rotational axis (12), **characterised in that** the carrier arm (16) is embodied at least substantially L-shaped.
2. Radially conveying stirring device according to claim 1, **characterised in that**, when viewed in a direction of the rotational axis (12), a main direction of extension (38) of the stirring blade (14) includes an angle (α) with the half-line (18) that is between 45° and 135°.
3. Radially conveying stirring device according to one of the preceding claims, **characterised in that** the carrier arm (16) is arranged at least at mid-level of the stirring blade (14).
4. Radially conveying stirring device according to one of the preceding claims, **characterised in that** a main extension length of the stirring blade sections (24, 26) decreases from a stirring blade inner edge (28) of the stirring blade (14) towards a stirring blade outer edge (30) of the stirring blade (14).
5. Radially conveying stirring device according to one of the preceding claims, **characterised in that** a blade height of the stirring blade (14) decreases towards a stirring blade outer edge (30) of the stirring blade (14).
6. Radially conveying stirring device according to one of the preceding claims, **characterised in that** in a proximity of a stirring blade inner edge (28) of the stirring blade (14), a blade height of the stirring blade (14) is equivalent to a value between 1 % and 30 % of an entire stirring element diameter.
7. Radially conveying stirring device according to one of the preceding claims, **characterised in that** in a proximity of a stirring blade outer edge (30) of the stirring blade (14), a blade height of the stirring blade (14) is equivalent to a value between 0,5 % and 15 % of an entire stirring element diameter.

8. Radially conveying stirring device according to one of the preceding claims, **characterised in that** the stirring element hub (10), the carrier arm (16) and the stirring blade (14) are embodied at least partially integrally with each other.
- 5 9. Radial stirring element with a radially conveying stirring device according to one of the preceding claims.
10. Stirring system with at least one container (34) and with at least two radial stirring elements (32) according to claim 9, which are arranged in the container (34).
- 10 11. Method for operating a stirring system according to claim 10, **characterised in that** a middle-to-highly viscous medium arranged in a container (34) is mixed in such a way that an axial flow is at least substantially suppressed.
12. Method for operating a stirring system according to claim 11, **characterised in that** a plug flow is generated in the container (34).

Revendications

1. Dispositif d'organe d'agitation à convoyage radial, avec au moins un moyeu d'organe d'agitation (10) prévu pour tourner autour d'un axe de rotation (12), avec au moins une pale d'agitation (14) et avec au moins un bras-support (16) reliant la pale d'agitation (14) au moyeu d'organe d'agitation (10), où il y a une demi-droite (18) partant de l'axe de rotation (12) qui coupe un centre de masse d'une surface de connexion (20) du bras-support (16) au moyeu d'organe d'agitation (10) et qui est dépourvue des points d'intersection avec la pale d'agitation (14), et où la pale d'agitation (14) comprend au moins un biseautage (22) qui divise la pale d'agitation (14) en au moins deux sections de pale d'agitation (24, 26), où le biseautage (22) est disposé au moins sensiblement parallèlement à l'axe de rotation (12), **caractérisé en ce que** le bras-support (16) est réalisé au moins essentiellement en forme de L.
2. Dispositif d'organe d'agitation à convoyage radial selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, vue dans la direction de l'axe de rotation (12), une direction principale d'extension (38) de la pale d'agitation (14) inclue un angle (α) entre 45° et 135° avec la demi-droite (18).
3. Dispositif d'organe d'agitation à convoyage radial selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le bras-support (16) est disposé au moins essentiellement à la moitié de la hauteur de la pale d'agitation (14).
4. Dispositif d'organe d'agitation à convoyage radial selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une longueur d'extension principale des sections de pale d'agitation (24, 26) diminue d'un bord intérieur de pale d'agitation (28) de la pale d'agitation (14) vers un bord extérieur de pale d'agitation (30) de la pale d'agitation (14).
5. Dispositif d'organe d'agitation à convoyage radial selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une hauteur-pale de la pale d'agitation (14) diminue vers un bord extérieur de pale d'agitation (30) de la pale d'agitation (14).
6. Dispositif d'organe d'agitation à convoyage radial selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une hauteur-pale de la pale d'agitation (14) à proximité d'un bord intérieur de pale d'agitation (28) de la pale d'agitation (14) est équivalente à entre 1 % et 30 % d'un diamètre total d'organe d'agitation.
7. Dispositif d'organe d'agitation à convoyage radial selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une hauteur-pale de la pale d'agitation (14) à proximité d'un bord extérieur de pale d'agitation (30) de la pale d'agitation (14) est équivalente à entre 0,5 % et 15 % d'un diamètre total d'organe d'agitation.
8. Dispositif d'organe d'agitation à convoyage radial selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le moyeu d'organe d'agitation (10), le bras-support (16) et la pale d'agitation (14) sont formés au moins partiellement intégralement.
9. Organe d'agitation radiale avec un dispositif d'organe d'agitation à convoyage radial selon l'une quelconque des revendications précédentes.

10. Système d'agitation avec au moins un conteneur (34) et au moins deux organe d'agitation radiale (32) selon la revendication 9 qui sont disposés dans le conteneur (34).

5 11. Procédé de fonctionnement d'un système d'agitation selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'un** milieu de moyenne à haute viscosité disposé dans un conteneur (34) est mélangé de telle façon qu'un écoulement axial est au moins sensiblement supprimé.

10 12. Procédé de fonctionnement d'un système d'agitation selon la revendication 11, **caractérisé en ce qu'un** flux de piston est généré dans le conteneur (34).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

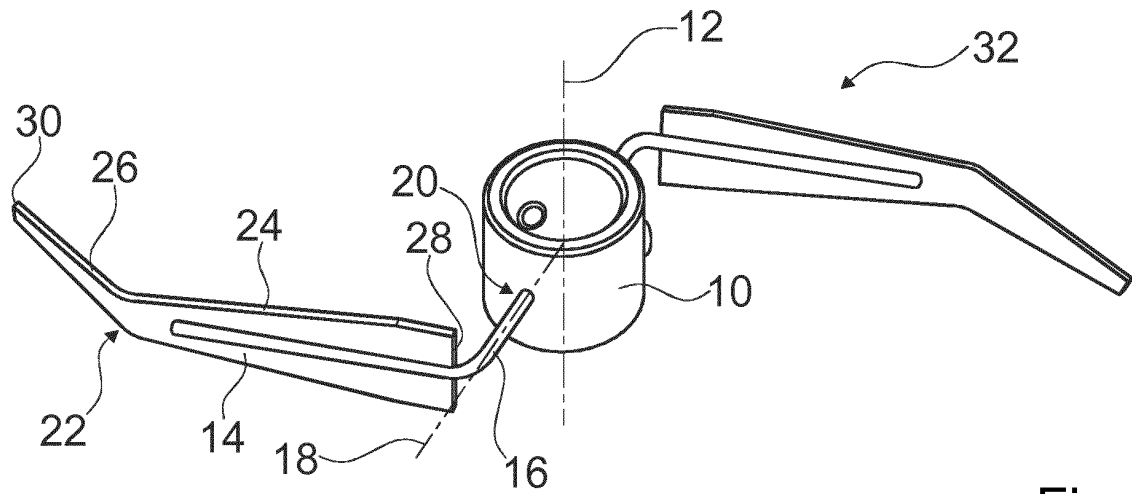


Fig. 1

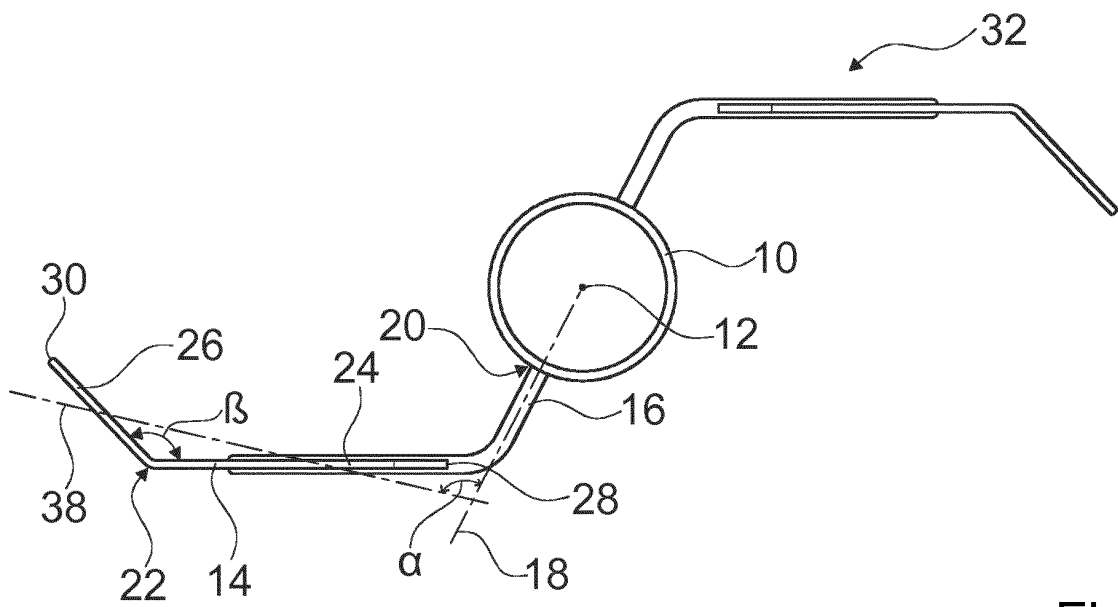


Fig. 2

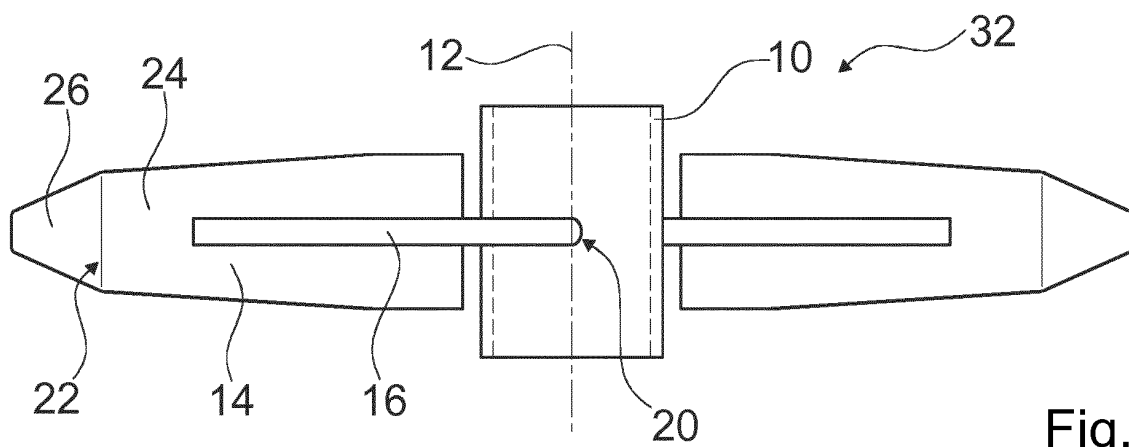


Fig. 3

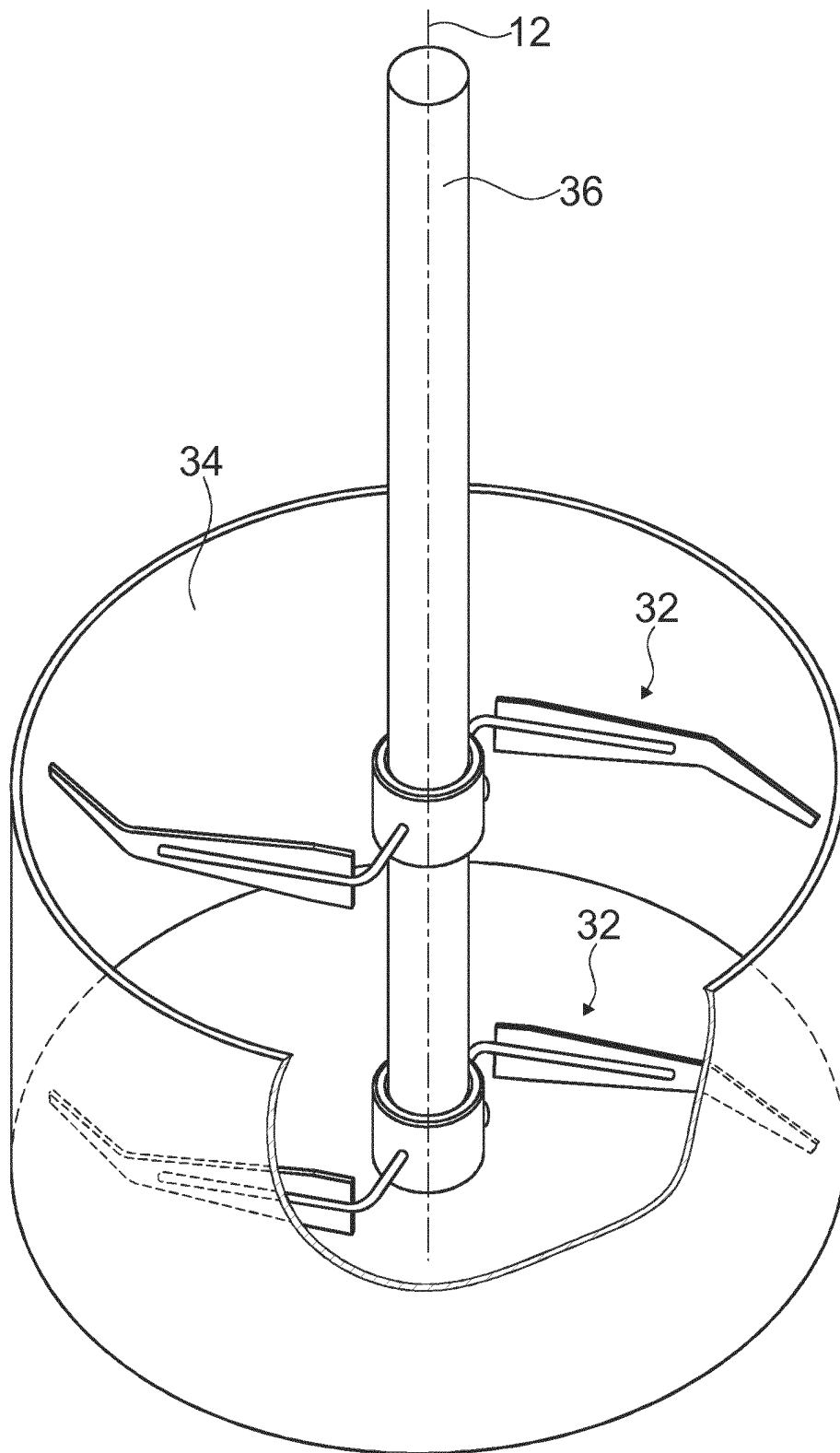


Fig. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 29502443 U1 **[0003]**
- DE 10310091 A1 **[0004]**
- DE 2831192 C2 **[0005]**
- DE 3143287 C2 **[0006]**
- DE 10023698 A1 **[0007]**
- FR 2346977 A2 **[0008]**
- JP 2015033658 A **[0009]**