



(11) **EP 4 382 197 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
12.06.2024 Patentblatt 2024/24

(21) Anmeldenummer: **23207392.4**

(22) Anmeldetag: **02.11.2023**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B01F 23/50 ^(2022.01) **B01F 25/312** ^(2022.01)
B01F 25/53 ^(2022.01) **B01F 35/21** ^(2022.01)
B01F 35/221 ^(2022.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B01F 23/56; B01F 25/31243; B01F 25/53;
B01F 35/2113; B01F 35/2211

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **21.11.2022 EP 22208655**

(71) Anmelder: **Levitronix GmbH**
8048 Zürich (CH)

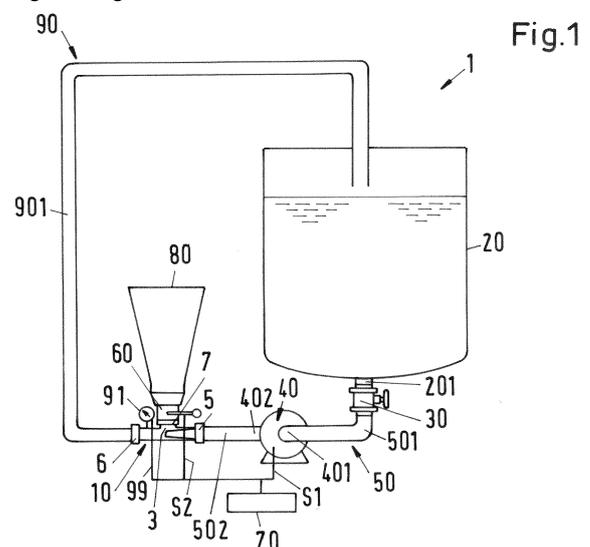
(72) Erfinder:
• **Hu, Rennan**
8057 Zürich (CH)
• **Schneider, Samuel**
8152 Opfikon (CH)
• **Hahn, Jürgen**
South Grafton, MA 01560 (US)
• **Barletta, Natale**
8048 Zürich (CH)

(74) Vertreter: **IPS Irsch AG**
Langfeldstrasse 88
8500 Frauenfeld (CH)

(54) **MISCHSYSTEM UND VERFAHREN ZUM MISCHEN EINES PRIMÄRFLUIDS MIT EINER FLIESSFÄHIGEN SEKUNDÄRSUBSTANZ**

(57) Es wird ein Mischsystem vorgeschlagen mit einem Eduktor (10) zum Mischen eines Primärfluids mit einer fließfähigen Sekundärsubstanz, mit einer Zuführverbindung (50), welche mit einem Reservoir (20) für das Primärfluid verbindbar ist, mit einer Abführverbindung (90) zum Abführen eines Mischfluids, mit einem Vorratsbehälter (80) für die Sekundärsubstanz, mit einer Zentrifugalpumpe (40) zum Fördern des Primärfluids durch die Zuführverbindung (50), und mit einer Kontrolleinheit (70) zur Ansteuerung der Zentrifugalpumpe (40), wobei der Eduktor (10) einen Primäreinlass (5) für das Primärfluid, einen Sekundäreinlass (7) für die Sekundärsubstanz, einen Auslass (6) für das Mischfluid und eine Saugkammer (3) zum Ansaugen der Sekundärsubstanz umfasst, wobei der Primäreinlass (5) mit der Zuführverbindung (50) verbunden ist, sodass das Primärfluid aus dem Reservoir (20) in den Eduktor (10) strömen kann, wobei der Auslass (6) mit der Abführverbindung (90) verbunden ist, sodass das Mischfluid aus dem Eduktor (10) abführbar ist, wobei der Sekundäreinlass (7) an der Saugkammer (3) vorgesehen und mit dem Vorratsbehälter (80) verbunden ist, wobei zwischen der Saugkammer (3) und dem Vorratsbehälter (80) eine Schliesseinrichtung (60) mit einer Offenstellung und einer Schliessstellung vorgesehen ist, wobei die Sekundärsubstanz vom Vorratsbehälter (80) in die Saugkammer (3) strömen kann, wenn die Schliesseinrichtung (60) in der Offenstellung ist, und die Schliesseinrichtung (60) in der Schliessstellung ein Strömen der Sekundärsubstanz aus dem Vorratsbehälter (80) in die

Saugkammer (3) verhindert. Es ist ein Sensor (91) vorgesehen, mit welchem eine Saugleistung des Eduktors (10) ermittelbar ist, wobei der Sensor (91) mit der Kontrolleinheit (70) signalverbunden ist, und wobei die Kontrolleinheit (70) zum Ansteuern der Zentrifugalpumpe (40) in Abhängigkeit der ermittelten Saugleistung ausgestaltet ist. Ferner wird ein Verfahren zum Mischen eines Primärfluids mit einer fließfähigen Sekundärsubstanz vorgeschlagen.



EP 4 382 197 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Mischsystem mit einem Eduktor und ein Verfahren zum Mischen eines Primärfluids mit einer fließfähigen Sekundärsubstanz gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs der jeweiligen Kategorie. Die Erfindung betrifft ferner einen Satz von Einzelteilen für ein solches Mischsystem.

[0002] Mischsysteme, die einen Eduktor umfassen werden beispielsweise in der pharmazeutischen Industrie, in der Biotechnologie oder in der Medizinaltechnik eingesetzt. Ein Eduktor ist eine Vorrichtung, welche zum Einmischen einer fließfähigen Sekundärsubstanz, beispielsweise eines Pulvers, in ein Primärfluid, beispielsweise eine Flüssigkeit wie Wasser, verwendet wird. Das Primärfluid wird durch eine konvergierend ausgestaltete Einlassdüse des Eduktors stark beschleunigt und in eine Saugkammer eingebracht. Aufgrund der Bernoulli-Gleichung entsteht in der Saugkammer ein Unterdruck, durch welchen die Sekundärsubstanz in den Strom des Primärfluids eingesaugt wird. Dazu weist die Saugkammer einen Sekundäreinlass auf, durch welchen die Sekundärsubstanz angesaugt und in den Strom des Primärfluids eingebracht wird. Stromabwärts der Saugkammer ist eine Auslassdüse vorgesehen, in welcher sich das Primärfluid und die Sekundärsubstanz miteinander vermischen. Häufig ist die Auslassdüse als Venturi-Düse ausgestaltet. Gemäss einer üblichen Ausgestaltung ist die Sekundärsubstanz in einem Vorratsbehälter vorrätig, der beispielsweise als Fülltrichter (hopper) ausgestaltet ist. Dieser Behälter wird auf den Sekundäreinlass des Eduktors aufgesetzt bzw. mit diesem verbunden, sodass die Sekundärsubstanz aus dem Vorratsbehälter in die Saugkammer eingesaugt werden kann.

[0003] Der Eduktor erfüllt somit zwei Aufgaben, nämlich die Zugabe der Sekundärsubstanz in das Primärfluid und die Durchmischung der Sekundärsubstanz mit dem Primärfluid.

[0004] Das strömende Primärfluid wird häufig als Motive Flow bezeichnet, während die strömende Sekundärsubstanz als Suction Flow bezeichnet wird.

[0005] Ein Mischsystem mit einem Eduktor umfasst üblicherweise ausser dem Eduktor ein Reservoir für das Primärfluid, beispielsweise einen Tank, eine Zuführverbindung, welche das Reservoir mit einem Primäreinlass des Eduktors verbindet, eine Abführverbindung, durch welche das mit der Sekundärsubstanz durchmischte Primärfluid als Mischfluid abgeführt wird, den z.B. als Fülltrichter ausgestalteten Vorratsbehälter für die Sekundärsubstanz, welcher mit dem Sekundäreinlass des Eduktors verbunden ist, und eine in der Zuführverbindung angeordnete Pumpe, üblicherweise eine Zentrifugalpumpe, mit welcher das Primärfluid aus dem Reservoir durch die Zuführverbindung und durch den Eduktor gefördert wird. Durch die starke Beschleunigung in der Einlassdüse des Eduktors wird dann die Sekundärsubstanz in die Saugkammer eingesaugt und trifft dort auf den Strom

des Primärfluids. In der Auslassdüse durchmischen sich das Primärfluid und die Sekundärsubstanz. Die Mischung aus dem Primärfluid und der Sekundärsubstanz tritt als Mischfluid durch die Auslassdüse aus und kann dann über die Abführverbindung zu dem Reservoir für das Primärfluid rezirkuliert werden, um so eine kontinuierliche Steigerung der Konzentration der Sekundärsubstanz zu erreichen, oder die Mischung aus dem Primärfluid und der Sekundärsubstanz wird aus dem Prozess abgeführt. Mischsysteme mit Eduktoren werden sowohl in diskontinuierlichen Produktionsprozessen, beispielsweise in Batch-Prozessen, als auch in kontinuierlichen Produktionsprozessen eingesetzt.

[0006] Abhängig von dem jeweiligen Prozess wird das Mischfluid, also das mit der Sekundärsubstanz vermischte Primärfluid, durch die Abführverbindung zum Reservoir rezirkuliert oder zur Entnahme an einem Systemauslass zur Verfügung stellt. Natürlich ist es auch möglich, nur einen Teil des Mischfluids aus dem Prozess abzuführen und den Rest in das Reservoir zu rezirkulieren.

[0007] Im Betriebszustand wird das Primärfluid mittels der Pumpe durch die Einlassdüse gefördert, die in die Saugkammer einmündet. Dabei wird das Primärfluid in der Einlassdüse durch deren konvergierende Ausgestaltung stark beschleunigt, wodurch in der Saugkammer der Unterdruck entsteht, welcher die Sekundärsubstanz aus dem Vorratsbehälter durch den Sekundäreinlass in die Saugkammer einsaugt. Die Saugleistung des Eduktors ist ein Mass dafür, welche Menge oder Masse oder welches Volumen an Sekundärsubstanz pro Zeit in die Saugkammer gesaugt wird. Die Saugleistung hängt von dem in der Saugkammer generierten Unterdruck ab und wird üblicherweise über einen Betriebsparameter der Zentrifugalpumpe eingestellt. Typischerweise ist dieser Betriebsparameter die Drehzahl der Pumpe. Die Drehzahl der Pumpe bestimmt den Durchfluss des Primärfluids durch die Zuführverbindung, und damit die Strömungsgeschwindigkeit des Fluids. Von der Strömungsgeschwindigkeit des Primärfluids hängt der in der Saugkammer generierte Unterdruck und damit die Saugleistung des Eduktors ab.

[0008] Wie bereits gesagt, wird der Eduktor üblicherweise aus den drei Komponenten Einlassdüse, Saugkammer und Auslassdüse zusammengesetzt. Diese separaten Komponenten können dabei durch unterschiedliche Methoden wie beispielsweise Kleben, Schweißen oder Verschrauben miteinander verbunden werden. Die Komponenten werden z. B. aus Kunststoffen gefertigt wie beispielsweise Polyvinylchlorid (PVC), Perfluoralkoxy-Polymere (PFA), Polypropylen (PP), oder das unter dem Handelsnamen Kynar® erhältliche Polyvinylidenfluorid (PVDF).

[0009] Es ist aber auch möglich, den Eduktor, also insbesondere die drei Komponenten Einlassdüse, Saugkammer und Auslassdüse als einstückige, bauliche Einheit also mit monolithischer Ausgestaltung herzustellen.

[0010] Mischsysteme mit Eduktoren werden insbesondere auch in der biotechnologischen und in der pharmazeutischen

zeitischen Industrie verwendet, beispielsweise um ein Pulver in eine Flüssigkeit, z. B. Wasser oder eine Nährflüssigkeit, einzumischen. Eduktoren werden auch für das Einmischen von Flüssigkeiten als Sekundärsubstanz in ein davon verschiedenes Primärfluid eingesetzt. Das Reservoir für das Primärfluid kann beispielsweise ein Bioreaktor sein, oder ein Tank, in welchem Wasser oder eine andere Flüssigkeit als Primärfluid vorrätig ist. Insbesondere in solchen Fällen, in denen das Mischfluid durch die Abführverbindung in das Reservoir rezirkuliert wird, ist es natürlich auch möglich, dem Reservoir zusätzlich bei Bedarf frisches Primärfluid, also Primärfluid, das noch nicht mit der Sekundärsubstanz durchmischt ist, zuzuführen.

[0011] Insbesondere aber nicht nur in der biotechnologischen und in der pharmazeutischen Industrie werden häufig sehr hohe Anforderungen an die Reinheit von Prozessen gestellt. Oft müssen Prozesse sogar unter sterilen Bedingungen durchgeführt werden. Das Sterilisieren der für den Prozess verwendeten Vorrichtungen, beispielsweise mittels Dampfsterilisation, stellt sehr häufig einen zeit- und kostenintensiven Faktor dar. Deshalb besteht heute die zunehmende Tendenz, für solche Prozesse Komponenten der Vorrichtung als Einmalteile auszugestalten, um aufwändige Reinigungs- oder Sterilisationsprozesse zu vermeiden oder auf ein Minimum zu reduzieren. Daher werden Komponenten oder Vorrichtungen, die während des Prozesses mit den biologischen Substanzen oder pharmazeutischen Substanzen in direkten Kontakt kommen, häufig als Einmalteile ausgestaltet. Der Begriff Einmalteile (single use) bezeichnet dabei Teile bzw. Komponenten, die bestimmungsgemäss nur einmal benutzt werden dürfen. Nach der Anwendung werden die Einmalteile entsorgt und für die nächste Anwendung durch neue, das heisst noch nicht gebrauchte Einmalteile ersetzt.

[0012] Insbesondere - aber nicht nur - hinsichtlich Einmalteilen ist es ein wesentlicher Aspekt, dass die Einmalteile in möglichst einfacher Weise mit anderen Komponenten des Systems, beispielsweise solchen, welche für den Mehrfachgebrauch ausgelegt sind, also wiederverwendbar sind, zusammenfügbar sind. Die Einmalteile sollen also in sehr einfacher Weise ersetzt werden können, ohne dass dafür ein hoher Montageaufwand notwendig ist.

[0013] In Mischsysteme mit Eduktoren generiert der Eduktor nur bei einer vorhandenen Strömung des Primärfluids, also beispielsweise bei laufender Zentrifugalpumpe, einen Unterdruck in seiner Saugkammer und damit eine Saugwirkung auf das Sekundärsubstanz. Es kann aber auch Betriebszustände geben, in denen der Eduktor gar keine oder keine ausreichende Saugleistung erzeugt. In der Saugkammer herrscht dann ein zu geringer Unterdruck oder gar kein Unterdruck oder sogar ein Überdruck.

[0014] Insbesondere bei Anwendungen, bei denen die Sekundärsubstanz ein Pulver ist, kann eine nicht optimal eingestellte Saugleistung dazu führen, dass das Pulver

nicht in gewünschter Weise aus dem Vorratsbehälter abfließt. Dies kann zu Pulverrückständen in Stauzonen im Vorratsbehälter oder zu Hohlräumbildungen (Ratholing) oder zu Brückenbildungen (Arching, Bridging) im Vorratsbehälter führen, was zur Folge hat, dass gar kein Pulver oder nur noch eine zu geringe Menge Pulver in die Saugkammer eingesaugt wird, wodurch der Erfolg des im Mischsystem durchgeführten Prozesses zumindest gefährdet wird.

[0015] Betriebszustände mit zu geringem Unterdruck oder Überdruck in der Saugkammer können mehrere Ursachen haben. Beispielsweise kann die Zentrifugalpumpe an einem Betriebspunkt arbeiten, der für den gerade laufenden Prozess nicht optimal ist, oder die Zentrifugalpumpe kann z. B. aufgrund eines Stromausfalls oder einer anderen Betriebsstörung vollständig ausfallen. Beim Ausfall der Zentrifugalpumpe lastet auf dem Auslass des Eduktors der hydrostatische Druck des Mischfluids, das sich in der Abführverbindung befindet. Dieser hydrostatische Druck kann zu einem Überdruck in der Saugkammer führen.

[0016] Eine weitere Ursache kann eine Verstopfung beispielsweise in der Auslassdüse oder am Auslass des Eduktors sein. Insbesondere wenn es zu einem Überdruck in der Saugkammer kommt, besteht die erhebliche Gefahr, dass es zu einer unerwünschten Leckageströmung aus der Saugkammer durch den Sekundäreinlass des Eduktors in den Vorratsbehälter für die Sekundärsubstanz kommt. Durch eine solche Leckageströmung kann es zu erheblichen Prozessstörungen bis hin zur völligen Unbrauchbarkeit des Prozessergebnisses kommen.

[0017] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es daher eine Aufgabe der Erfindung, ein Mischsystem mit einem Eduktor und ein Verfahren zum Mischen eines Primärfluids mit einer fließfähigen Sekundärsubstanz vorzuschlagen, welche eine höhere Betriebssicherheit des Mischprozesses ermöglichen.

[0018] Die diese Aufgaben lösenden Gegenstände der Erfindung sind durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs der jeweiligen Kategorie gekennzeichnet.

[0019] Erfindungsgemäss wird also ein Mischsystem vorgeschlagen mit einem Eduktor zum Mischen eines Primärfluids mit einer fließfähigen Sekundärsubstanz, mit einer Zuführverbindung, welche mit einem Reservoir für das Primärfluid verbindbar ist, mit einer Abführverbindung zum Abführen eines Mischfluids, mit einem Vorratsbehälter für die Sekundärsubstanz, mit einer Zentrifugalpumpe zum Fördern des Primärfluids durch die Zuführverbindung, und mit einer Kontrolleinheit zur Ansteuerung der Zentrifugalpumpe, wobei der Eduktor einen Primäreinlass für das Primärfluid, einen Sekundäreinlass für die Sekundärsubstanz, einen Auslass für das Mischfluid und eine Saugkammer zum Ansaugen der Sekundärsubstanz umfasst, wobei der Primäreinlass mit der Zuführverbindung verbunden ist, sodass das Primärfluid aus dem Reservoir in den Eduktor strömen kann, wobei

der Auslass mit der Abführverbindung verbunden ist, so dass das Mischfluid aus dem Eduktor abführbar ist, wobei der Sekundäreinlass an der Saugkammer vorgesehen und mit dem Vorratsbehälter verbunden ist, wobei zwischen der Saugkammer und dem Vorratsbehälter eine Schliesseinrichtung mit einer Offenstellung und einer Schliessstellung vorgesehen ist, wobei die Sekundärsubstanz vom Vorratsbehälter in die Saugkammer strömen kann, wenn die Schliesseinrichtung in der Offenstellung ist, und die Schliesseinrichtung in der Schliessstellung ein Strömen der Sekundärsubstanz aus dem Vorratsbehälter in die Saugkammer verhindert. Es ist ein Sensor vorgesehen, mit welchem eine Saugleistung des Eduktors ermittelbar ist, wobei der Sensor mit der Kontrolleinheit signalverbunden ist, und wobei die Kontrolleinheit zum Ansteuern der Zentrifugalpumpe in Abhängigkeit der ermittelten Saugleistung ausgestaltet ist.

[0020] Mit Hilfe des Sensors lässt sich die Saugleistung des Eduktors überwachen. Somit kann unmittelbar festgestellt werden, wenn die Saugleistung sich ändert oder vom korrekten Wert abweicht. Somit kann insbesondere festgestellt werden, wenn in der Saugkammer des Eduktors ein zu geringer Unterdruck oder ein Überdruck herrscht. Beim Auftreten eines solchen unerwünschten Betriebszustands kann daher sofort reagiert werden. Beispielsweise kann ein Betriebsparameter der Pumpe, vorzugsweise die Drehzahl der Pumpe, verändert werden, um die Förderleistung der Pumpe zu verändern und damit die Saugleistung des Eduktors auf einen vorgebbaren bzw. einen optimalen Wert einzustellen. Beim Ausfall der Pumpe oder wenn aus sonst einem Grund ein zu hoher Druck in der Saugkammer herrscht, der durch Änderungen der Drehzahl der Pumpe nicht korrigiert werden kann, ist es möglich die Schliesseinrichtung in die Schliessstellung zu bringen, sodass eine Leckageströmung aus der Saugkammer in den Vorratsbehälter zuverlässig verhindert wird. Selbst wenn beim Stillstand der Pumpe der hydraulische bzw. der hydrostatische Druck des in der Abführverbindung befindlichen Mischfluids am Auslass des Eduktors anliegt, kann ein Leckagestrom aus der Saugkammer in den Vorratsbehälter sicher verhindert werden. Hieraus resultiert eine deutlich höhere Betriebssicherheit des Mischprozesses.

[0021] Der Sensor und die Schliesseinrichtung sind ferner vorteilhaft im Hinblick auf den Beginn des Mischprozesses, wenn die Zentrifugalpumpe gestartet wird. Bevor die Zentrifugalpumpe gestartet wird, befindet sich die Schliesseinrichtung in der Schliessstellung, sodass keine Sekundärsubstanz in die Saugkammer einströmen kann. Dann wird die Zentrifugalpumpe gestartet und beginnt eine Strömung durch den Eduktor zu generieren. Mit Hilfe des Sensors kann die Saugleistung, hier also der in der Saugkammer herrschende Unterdruck, ermittelt werden. Erst dann, wenn der Unterdruck einen vorgebbaren Sollwert erreicht hat, wird die Schliesseinrichtung - manuell oder automatisch - aus der Schliessstellung in die Offenstellung gebracht, sodass die Sekundärsubstanz in die Saugkammer gesaugt wird.

[0022] Die von dem Sensor ermittelte Information wird an die Kontrolleinheit übermittelt und dort ausgewertet. Wenn die Saugleistung ausreichend gross ist, also beispielsweise der in der Saugkammer herrschende Unterdruck den Sollwert erreicht hat, kann die Kontrolleinheit ein akustisches und/oder optisches Signal verursachen, das dem Bediener anzeigt, dass die Schliesseinrichtung nun in die Offenstellung gebracht werden kann.

[0023] Da die Kontrolleinheit die Zentrifugalpumpe ansteuert, ist es auch möglich, während des Prozesses mit Hilfe der von dem Sensor gelieferten Information die Saugleistung zu verändern, zu optimieren oder an die aktuellen Prozessbedingungen anzupassen. Insbesondere kann über die Ansteuerung der Zentrifugalpumpe auch eine Regelung der Saugleistung des Eduktors realisiert werden.

[0024] Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform ist die Zuführverbindung mit dem Reservoir für das Primärfluid verbunden, und die Abführverbindung ist mit dem Reservoir verbunden, sodass das Mischfluid vom Auslass des Eduktors in das Reservoir zurückführbar ist.

[0025] In anderen Ausführungsformen kann die Abführvorrichtung auch zur teilweisen oder vollständigen Entnahme des Mischfluids aus dem Prozess ausgestaltet sein.

[0026] Gemäss einer bevorzugten Ausgestaltung ist in der Abführverbindung ein erstes Absperrventil vorgesehen, das vorzugsweise in der Nähe des Auslasses des Eduktors angeordnet ist. Das erste Absperrventil dient als Sicherheitsventil und kann beispielsweise geschlossen werden, wenn die Zentrifugalpumpe ausfällt oder wenn es an der Auslassseite des Eduktors, beispielsweise in der Auslassdüse zu einer Verstopfung oder zu einer sonstigen Blockade kommt. Durch das erste Absperrventil kann verhindert werden, dass der hydrostatische Druck des Fluids in der Abführverbindung am Auslass des Eduktors anliegt. Hierdurch kann auch ein Rückströmen des Mischfluids durch den Auslass in die Auslassdüse des Eduktors wirkungsvoll verhindert werden. Falls die Abführverbindung, wie dies bevorzugt ist, mittels eines flexiblen Schlauchs oder mittels mehrerer flexibler Schläuche realisiert ist, kann das Absperrventil insbesondere als Quetschventil (Pinch Valve) ausgestaltet sein.

[0027] Alternativ oder ergänzend zu dem ersten Absperrventil kann in der Zuführverbindung zwischen der Zentrifugalpumpe und dem Primäreinlass des Eduktors ein zweites Absperrventil vorgesehen ist. Das zweite Absperrventil dient als Sicherheitsventil. Insbesondere bei Betriebsstörungen kann mit Hilfe des zweiten Absperrventils die Strömungsverbindung zwischen der Zentrifugalpumpe und dem Primäreinlass des Eduktors geschlossen werden. Falls die Zuführverbindung, wie dies bevorzugt ist, mittels eines flexiblen Schlauchs oder mittels mehrerer flexibler Schläuche realisiert ist, kann das Absperrventil insbesondere als Quetschventil (Pinch Valve) ausgestaltet sein.

[0028] Vorzugsweise ist jedes Absperrventil als an-

steuerbares Absperrventil ausgestaltet, welches von der Kontrolleinheit ansteuerbar ist. Somit können die Absperrventile bei einer Betriebsstörung automatisch von der Kontrolleinheit geschlossen werden, ohne dass ein Eingreifen des Bedienpersonals notwendig ist.

[0029] Aus dem gleichen Grunde ist es auch bevorzugt, dass die Schliesseinrichtung für eine Ansteuerung durch die Kontrolleinheit ausgestaltet ist, wobei die Kontrolleinheit für eine automatische Betätigung der Schliesseinrichtung ausgestaltet ist.

[0030] Vorzugsweise ist die Kontrolleinheit derart ausgestaltet, dass sie die Zuführverbindung schliesst und/oder die Abführverbindung schliesst, und/oder die Schliesseinrichtung in die Schliessstellung bringt, falls die Saugleistung unter einen Schwellenwert abfällt. Dieser Schwellenwert ist vorgebar und typischerweise vom jeweiligen Anwendungsfall abhängig.

[0031] Besonders bevorzugt ist der Sensor als Drucksensor ausgestaltet. Prinzipiell sind aber auch andere Sensoren möglich, um die Saugleistung zu ermitteln, beispielsweise Durchflusssensoren, die vorzugsweise im Eduktor, am Eduktor oder in der Abführverbindung vorgesehen sind, Füllstands- oder Levelsensoren, mit denen der Füllstand in der Saugkammer ermittelbar ist, oder Sensoren zur Leitfähigkeitsmessung, mit denen beispielsweise der Pulveranteil bzw. der Anteil der Sekundärsubstanz im Mischfluid über die elektrische Leitfähigkeit ermittelbar ist.

[0032] Eine weitere bevorzugte Massnahme besteht darin, zwischen dem Sekundäreinlass des Eduktors und der Schliesseinrichtung ein Zusatzreservoir für die Aufnahme eines aus der Abführverbindung rückströmenden Fluids vorgesehen ist. Diese Massnahme ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn in der Abführverbindung kein erstes Absperrventil vorgesehen ist oder wenn die Schliesseinrichtung nur manuell betätigbar ist. Falls es dann beispielsweise zu einem Ausfall der Zentrifugalpumpe kommt, wird das aus der Abführverbindung in den Eduktor zurückströmende (Misch-) Fluid in dem Zusatzreservoir aufgenommen und dringt nicht bis in den Vorratsbehälter für die Sekundärsubstanz vor, selbst wenn die Schliesseinrichtung in der Offenstellung ist. Das Zusatzreservoir ist bezüglich seines Volumens vorzugsweise derart ausgestaltet, dass es die maximale Menge an Mischfluid aufnehmen kann, die bei einem Ausfall der Zentrifugalpumpe durch den Auslass in den Eduktor zurückströmen kann.

[0033] Gemäss einer bevorzugten Ausgestaltung umfasst die Zentrifugalpumpe eine Pumpeneinheit mit einem Pumpengehäuse, in welchem ein Rotor zum Fördern des Primärfluids vorgesehen ist, sowie einen Stator, der mit dem Rotor einen elektromagnetischen Drehantrieb bildet, wobei der Rotor berührungslos magnetisch antreibbar und berührungslos magnetisch bezüglich des Stators lagerbar ist, und wobei die Pumpeneinheit derart ausgestaltet ist, dass die Pumpeneinheit in den Stator einsetzbar ist. Diese Ausgestaltung ist insbesondere aber nicht nur - vorteilhaft, wenn möglichst viele Kom-

ponenten des Mischsystems als Einmalteile (Single Use) ausgestaltet sind.

[0034] In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemässen Mischsystems sind einige Komponenten des Mischsystems, insbesondere solche Komponenten, die mit dem Mischfluid oder mit der Sekundärsubstanz oder je nach Anwendungsfall mit dem Primärfluid in Kontakt kommen, als Einmalteile ausgestaltet, die bestimmungsgemäss nur einmal gebraucht werden können und nach diesem Gebrauch durch neue, das heisst unbenutzte Einmalteile ersetzt werden müssen.

[0035] Daher wird durch die Erfindung ferner ein Satz von Einmalteilen für ein erfindungsgemässes Mischsystem vorgeschlagen, welcher zumindest die folgenden Komponenten umfasst, die jeweils als Einmalteile ausgestaltet sind:

- den Eduktor
- optional den Vorratsbehälter für die Sekundärsubstanz
- die Pumpeneinheit für die Zentrifugalpumpe
- die Schliesseinrichtung
- eine Mehrzahl von Schläuchen, welche zum Realisieren der Zuführverbindung und der Abführverbindung ausgestaltet ist,
- und optional das Reservoir für das Primärfluid.

[0036] Vorzugsweise umfasst der Satz von Einmalteilen den Vorratsbehälter für die Sekundärsubstanz. Es sind auch solche Ausgestaltungen möglich, bei denen der Vorratsbehälter integraler Bestandteil des Eduktors ist. So kann beispielsweise der Sekundäreinlass derart ausgestaltet werden, dass er gross genug ist, um die Sekundärsubstanz aufzunehmen. Der Vorratsbehälter ist dann Bestandteil des Sekundäreinlasses.

[0037] Je nach Anwendungsfall kann das Reservoir für das Primärfluid als Einmalteil oder aber für den Mehrfachgebrauch, beispielsweise als Edelstahltank, ausgestaltet sein. Falls das Reservoir für den Mehrfachgebrauch ausgestaltet ist, umfasst der Satz von Einmalteilen vorzugsweise zusätzlich einen Sterilananschluss, mit welchem die Zuführverbindung an das Reservoir angeschlossen werden kann.

[0038] Es versteht sich, dass diese Aufstellung der als Einmalteile ausgestalteten Komponenten nicht abschliessend ist. Der Satz von Einmalteilen kann auch noch weitere Einmalteile umfassen, beispielsweise den Sensor oder Komponenten des Sensors.

[0039] Durch die Erfindung wird ferner ein Verfahren zum Mischen eines Primärfluids mit einer fließfähigen Sekundärsubstanz vorgeschlagen, welches die folgenden Schritte umfasst:

- ein Mischsystem, das erfindungsgemäss ausgestaltet ist, wird bereitgestellt,
- die Schliesseinrichtung wird in die Schliessstellung gebracht,
- das Primärfluid wird mittels der Zentrifugalpumpe

- durch den Eduktor hindurch gefördert,
- die Saugleistung des Eduktors wird mittels des Sensors und der Kontrolleinheit ermittelt,
- die Schliesseinrichtung wird in die Offenstellung gebracht, wenn die Saugleistung grösser ist als ein vor-gabbarer Grenzwert.

[0040] Die Vorteile des erfindungsgemässen Verfahren entsprechen sinngemäss denjenigen, die bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemässen Mischsystem erläutert wurden.

[0041] Vorzugsweise werden die Zuführverbindung und/oder die Abführverbindung geschlossen, falls die Saugleistung unter einen Schwellenwert abfällt. Insbesondere können also auch die Zuführverbindung und die Abführverbindung geschlossen werden. Das Schliessen der Zuführverbindung und/oder der Abführverbindung erfolgt besonders bevorzugt automatisch durch die Kontrolleinheit.

[0042] Ferner ist es bevorzugt, dass die Schliesseinrichtung in die Schliessstellung gebracht wird, falls die Saugleistung unter einen Schwellenwert abfällt. Dies kann manuell durch Bedienpersonal erfolgen oder automatisch durch die Kontrolleinheit.

[0043] Besonders bevorzugt wird zur Ermittlung der Saugleistung der Druck in der Saugkammer bestimmt.

[0044] Weitere vorteilhafte Massnahmen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0045] Im Folgenden wird die Erfindung sowohl in apparativer als auch in verfahrenstechnischer Hinsicht anhand von Ausführungsbeispielen und anhand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen (teilweise im Schnitt):

- Fig. 1: eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemässen Mischsystems,
- Fig. 2: eine Schnittdarstellung einer ersten Ausführungsform eines Eduktors,
- Fig. 3: eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemässen Mischsystems,
- Fig. 4: eine schematische Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemässen Mischsystems,
- Fig. 5: eine perspektivische Darstellung eines elektromagnetischen Drehantriebs einer Zentrifugalpumpe, der als Tempelmotor ausgestaltet ist,
- Fig. 6: eine Ausführungsform einer Zentrifugalpumpe mit einem berührungslos magnetisch lagerbaren Rotor in einem Schnitt in axialer

Richtung,

- Fig. 7: eine Schnittdarstellung einer zweiten Ausführungsform eines Eduktors,
- Fig. 8-9: jeweils wie Fig. 7, jedoch mit verschiedenen Varianten für die Anordnung von mindestens einem Drucksensor,
- Fig. 10: wie Fig. 7, jedoch mit einem Anschluss für einen Drucksensor, und
- Fig. 11: eine Ansicht einer dritten Ausführungsform eines Eduktors mit einem Inline Sensor.

[0046] Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Mischsystems, das gesamthaft mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet ist. Das Mischsystem 1 umfasst einen Eduktor 10 zum Mischen eines Primärfluids mit einer fliessfähigen Sekundärsubstanz. Das Primärfluid ist in einem Reservoir 20 vorrätig, das beispielsweise als Tank ausgestaltet ist. Das Mischsystem 1 umfasst ferner einen Vorratsbehälter 80 für die fliessfähige Sekundärsubstanz, welche mit dem Primärfluid durchmischt werden soll. Der Vorratsbehälter 80 ist beispielsweise als Fülltrichter (Hopper) ausgestaltet.

[0047] Im Folgenden wird auf das Anwendungsbeispiel Bezug genommen, dass das Mischsystem 1 für einen Prozess in der Biotechnologie oder in der pharmazeutischen Industrie verwendet wird. Dann kann das Reservoir 20 beispielsweise ein Bioreaktor sein. Das Primärfluid ist üblicherweise eine Flüssigkeit, beispielsweise Wasser. Das Primärfluid kann auch eine Nährlösung oder eine Zellbrühe (cell broth) sein. Die fliessfähige Sekundärsubstanz ist vorzugsweise ein Pulver oder eine von dem Primärfluid verschiedene Flüssigkeit. Im Folgenden wird mit beispielhaftem Charakter darauf Bezug genommen, dass die fliessfähige Sekundärsubstanz ein Pulver bzw. ein pulverförmiges Material ist.

[0048] Als Eduktor 10 ist prinzipiell jeder Eduktor geeignet, der aus dem Stand der Technik bekannt ist. Zum besseren Verständnis zeigt Fig. 2 eine Schnittdarstellung einer ersten Ausführungsform des Eduktors 10. Fig. 2 zeigt den Eduktor 10 in einem Längsschnitt entlang einer Mittelachse A des Eduktors 1.

[0049] Der Eduktor 10 umfasst eine konvergierend ausgestaltete Einlassdüse 2 für das Primärfluid, eine Saugkammer 3 zum Einsaugen der fliessfähigen Sekundärsubstanz, und eine Auslassdüse 4, die vorzugsweise als Venturi-Düse ausgestaltet ist. Durch die Auslassdüse 4 tritt im Betriebszustand das mit der Sekundärsubstanz durchmischte Primärfluid als Mischfluid aus.

[0050] Die Einlassdüse 2 weist eine Längsachse auf, durch welche die Mittelachse A des Eduktors 10 festgelegt ist. Die Auslassdüse 4 weist eine Längsachse auf, welche auf der Mittelachse A des Eduktors 10 liegt, d.h. die Einlassdüse 2 und die Auslassdüse 4 sind so ausge-

staltet, dass ihre Längsachsen miteinander fluchten.

[0051] In Richtung der Mittelachse A gesehen ist die Saugkammer 3 zwischen der Einlassdüse 2 und der Auslassdüse 4 angeordnet. Die Saugkammer 3 weist einen Sekundäreinlass 7 für die Sekundärsubstanz auf. Der Sekundäreinlass 7 wird mit dem Vorratsbehälter 80 verbunden, sodass die Sekundärsubstanz aus dem Vorratsbehälter 80 durch den Sekundäreinlass 7 in die Saugkammer 3 fließen kann. Der Strom der Sekundärsubstanz wird auch als Suction Flow bezeichnet. Der Sekundäreinlass 7 bildet eine Eintrittsfläche 71, durch welche die Sekundärsubstanz in den Eduktor 10 eintritt, wie dies der Pfeil mit dem Bezugszeichen S in Fig. 2 andeutet. Der Sekundäreinlass 7 ist derart ausgestaltet, dass der Normalenvektor der Eintrittsfläche 71 senkrecht auf der Mittelachse A des Eduktors 10 steht.

[0052] Die konvergierend ausgestaltete Einlassdüse 2 erstreckt sich von einem Primäreinlass 5 für das Primärfluid bis in die Saugkammer 3. Durch den Primäreinlass 5 strömt im Betriebszustand das Primärfluid in Richtung der Mittelachse A wie dies der Pfeil mit dem Bezugszeichen P in Fig. 2 andeutet. Der Strom des Primärfluids wird auch als Motive Flow bezeichnet.

[0053] Die Auslassdüse 4 erstreckt sich von der Saugkammer 3 bis zum Auslass 6. Im Betriebszustand tritt das Mischfluid, also das mit der Sekundärsubstanz durchmischte Primärfluid, durch den Auslass 6 aus dem Eduktor 10 aus wie dies der Pfeil mit dem Bezugszeichen M in Fig. 2 andeutet.

[0054] Die Auslassdüse 4 ist vorzugsweise als Venturidüse ausgestaltet. Stromabwärts der Saugkammer 3 hat die Auslassdüse 4 in Strömungsrichtung gesehen zunächst einen konvergierenden Abschnitt 42, in welchem sich die für die Strömung zur Verfügung stehende Querschnittsfläche der Auslassdüse 4 bis auf einen Minimalwert verkleinert. Stromabwärts des konvergierenden Abschnitts 42 kann ein Mischabschnitt 43 vorgesehen sein, in welchem die Querschnittsfläche im Wesentlichen konstant bleibt. Im Mischabschnitt 43 ist der Innendurchmesser der Auslassdüse 4 im Wesentlichen konstant. Der Mischabschnitt 43 dient der Durchmischung des Primärfluids mit der Sekundärsubstanz. An den Mischabschnitt 43 schließt sich stromabwärts ein divergierender Abschnitt 44 an, der als Diffusor dient und sich bis an den Auslass 6 der Auslassdüse 4 erstreckt. Im divergierenden Abschnitt 44 vergrößert sich die für die Strömung zur Verfügung stehende Querschnittsfläche in Strömungsrichtung gesehen.

[0055] Vorzugsweise ist der Eduktor 10 aus einem Kunststoff gefertigt, beispielsweise aus einem der folgenden Kunststoffe:

Polyvinylchlorid (PVC), Perfluoralkoxy-Polymere (PFA), Polypropylen (PP), oder das unter dem Handelsnamen Kynar® erhältliche Polyvinylidenfluorid (PVDF).

[0056] Das Mischsystem 1 umfasst ferner eine Zuführverbindung 50, welche das Reservoir 20 mit dem Primäreinlass 5 des Eduktors 10 verbindet, sodass das Primärfluid aus dem Reservoir 20 in den Eduktor 10 fließen

kann. Das Reservoir 20 umfasst eine Austrittsöffnung 201 welche mit der Zuführverbindung 50 verbunden ist. An der Austrittsöffnung 201 ist ein Sperrorgan 30 vorgesehen. Mit dem Sperrorgan 30 kann die Strömungsverbindung zwischen dem Reservoir 20 und der Zuführverbindung 50 geöffnet und geschlossen werden. Das Sperrorgan 30 ist beispielsweise als Absperrventil oder als Auf/Zu-Ventil ausgestaltet. Das Sperrorgan 30 kann für eine manuelle Betätigung oder auch für eine elektrische oder anderweitige Betätigung ausgestaltet sein.

[0057] In der Zuführverbindung 50 ist eine Zentrifugalpumpe 40 zum Fördern des Primärfluids angeordnet, welche einen Pumpeneinlass 401 und einen Pumpenauslass 402 für das Primärfluid aufweist. Ferner ist eine Kontrolleinheit 70 zur Ansteuerung der Zentrifugalpumpe 40 vorgesehen. Vorzugsweise umfasst die Kontrolleinheit 70 eine Regelung, mit welcher der Betrieb der Zentrifugalpumpe 40 geregelt werden kann. Die Kontrolleinheit 70 ist über eine erste Steuerleitung S1 mit der Zentrifugalpumpe 40 verbunden, um diese anzusteuern.

[0058] Das Mischsystem 1 umfasst ferner eine Abführverbindung 90 zum Abführen des Mischfluids. Die Abführverbindung 90 ist mit dem Auslass 6 des Eduktors 10 verbunden. Im hier beschriebenen Ausführungsbeispiel ist die Abführverbindung 90 als Rezirkulationsleitung ausgestaltet, welche in das Reservoir 20 mündet. Das durch den Auslass 6 austretende Mischfluid wird also durch die Abführverbindung 90 zu dem Reservoir 20 rückgeführt, wo es sich mit dem Primärfluid vermischt. Eine derartige Ausgestaltung des Mischsystems 1 eignet sich insbesondere für Batch Prozesse. In anderen Ausgestaltungen wird das Mischfluid nicht in das Reservoir rezirkuliert, sondern wird aus dem Prozess entnommen. Bei einer solchen Ausgestaltung, die insbesondere für kontinuierliche Prozesse geeignet ist, führt die Abführverbindung 90 dann beispielsweise vom Auslass 6 des Eduktors 10 zu einer Entnahmestelle oder zu einem von dem Reservoir 20 verschiedenen Tank, in welchem das Mischfluid gesammelt wird. In anderen Ausgestaltungen kann es auch vorgesehen sein, dass nur ein Teil des Mischfluids in das Reservoir 20 rezirkuliert wird und ein anderer Teil aus dem Prozess entnommen wird. Bei diesen Ausgestaltungen umfasst die Abführverbindung üblicherweise mindestens eine Verzweigung, über welche ein Teil des Mischfluids entnommen werden kann, während der andere Teil in das Reservoir 20 rezirkuliert wird.

[0059] Die Zuführverbindung 50 und die Abführverbindung 90 werden vorzugsweise mit Leitungen realisiert, die als flexible Leitungen ausgestaltet sind, also als Leitungen, deren Wandung deformierbar ist. Jede Leitung ist beispielsweise als Schlauch, insbesondere als Kunststoffschlauch, ausgestaltet, der beispielsweise aus einem Silikonkautschuk, PVC (Polyvinylchlorid), PU (Polyurethan), PE (Polyethylen), HDPE (High Density Polyethylen), PP (Polypropylen), EVA (Ethyl Vinyl Acetat) oder Nylon besteht. Vorzugsweise ist jeder Schlauch, der zu der Zuführverbindung 50 oder zu der Abführverbindung 90 gehört, für den Einmalgebrauch ausgestaltet.

Bei der Ausgestaltung für den Einmalgebrauch werden diejenigen Komponenten, welche mit dem Primärfluid oder der Sekundärsubstanz oder dem Mischfluid zu behandelnden Substanzen in Kontakt kommen, hier also insbesondere die Schläuche, nur genau einmal verwendet und dann bei der nächsten Anwendung durch neue, das heisst ungebrauchte, Einmalteile ersetzt. Das Reservoir 20, das mit dem Primärfluid in Kontakt kommt, kann je nach Anwendungsfall auch für den Mehrfachgebrauch ausgestaltet sein, beispielsweise als Stahltank. Falls das Reservoir 20 für den Mehrfachgebrauch ausgestaltet ist, also z.B. als Stahltank, ist an der Austrittsöffnung 201 oder an dem Sperrorgan 30 vorzugsweise ein Sterilanschluss (nicht dargestellt) vorgesehen, um das Reservoir 20 mit der Zuführverbindung 50 zu verbinden.

[0060] Die Zuführverbindung 50 umfasst einen Zuführschlauch 501, welcher das Sperrorgan 30 am Reservoir 20 mit dem Pumpeneinlass 401 der Zentrifugalpumpe 40 verbindet, sowie einen Einspeiseschlauch 502, welcher den Pumpenauslass 402 der Zentrifugalpumpe 40 mit dem Primäreinlass 5 des Eduktors 10 verbindet.

[0061] Die Abführverbindung 90 umfasst einen Abführschlauch 901, welcher den Auslass 6 des Eduktors mit dem Reservoir 20 verbindet.

[0062] Zwischen dem Vorratsbehälter 80 für die Sekundärsubstanz und dem Sekundäreinlass 7 des Eduktors 10 ist eine Schliesseinrichtung 60 vorgesehen, die eine Offenstellung und eine Schliessstellung hat. Wenn sich die Schliesseinrichtung 60 in der Offenstellung befindet, kann die Sekundärsubstanz aus dem Vorratsbehälter 80 in die Saugkammer 3 fließen. Wenn sich die Schliesseinrichtung 60 in der Schliessstellung befindet, ist die Strömungsverbindung zwischen dem Vorratsbehälter 80 und der Saugkammer 3 geschlossen, sodass die Sekundärsubstanz nicht aus dem Vorratsbehälter 80 in die Saugkammer 3 strömen kann.

[0063] Die Schliesseinrichtung 60 ist beispielsweise für eine manuelle Betätigung ausgestaltet, sodass sie vom Bedienpersonal händisch aus der Offenstellung in die Schliessstellung bzw. aus der Schliessstellung in die Offenstellung gebracht werden kann.

[0064] Gemäss einer Variante ist die Schliesseinrichtung für eine automatische Betätigung, beispielsweise durch die Kontrolleinheit 70, ausgestaltet, sodass die Kontrolleinheit 70 die Schliesseinrichtung 60 aus der Offenstellung in die Schliessstellung bzw. aus der Schliessstellung in die Offenstellung schalten kann. Bei solchen Ausgestaltungen, bei denen die Schliesseinrichtung 60 für eine Ansteuerung durch die Kontrolleinheit 70 ausgestaltet ist und die Kontrolleinheit 70 für eine automatische Betätigung der Schliesseinrichtung 60 ausgestaltet ist, ist eine zweite Steuerleitung S2 vorgesehen, über welche die Kontrolleinheit 70 die Schliesseinrichtung 60 ansteuern kann. Die in Fig. 1 dargestellte zweite Steuerleitung S2 ist also optional und nicht vorhanden, falls die Schliesseinrichtung 60 für eine manuelle Betätigung ausgestaltet ist.

[0065] In dem Mischsystem 1 ist ferner ein Sensor 91 vorgesehen, mit welchem eine Saugleistung des Eduktors 10 ermittelbar ist. Der Sensor 91 ist mit der Kontrolleinheit 70 signalverbunden, beispielsweise über einer Signalleitung 99, sodass der Sensor 91, Messwerte oder Informationen an die Kontrolleinheit 70 übermitteln kann.

[0066] Als Sensor 91 ist prinzipiell jeder Sensor geeignet, mit dem sich im Betriebszustand des Mischsystems 1 ermitteln lässt, ob in der Saugkammer eine Saugleistung generiert wird, die einen ordnungsgemässen Betrieb des Eduktors 10 ermöglicht.

[0067] Gemäss einer bevorzugten Ausgestaltung ist der Sensor 91 als Drucksensor 91 ausgestaltet. Dabei ist der Drucksensor 91 vorzugsweise so angeordnet und ausgestaltet, dass mittels des Drucksensors 91 der Druck in der Saugkammer 3 ermittelbar ist. Als Mass für die Saugleistung des Eduktors 10 wird dann insbesondere der in der Saugkammer 3 herrschende Unterdruck verwendet.

[0068] Der Drucksensor 91 ist beispielsweise an oder in der Auslassdüse 4 des Eduktors 10 angeordnet.

[0069] Das Mischsystem 1 zum Mischen des Primärfluids mit der fließfähigen Sekundärsubstanz kann beispielsweise wie folgt betrieben werden. Das Mischsystem 1 wird assembliert, das Reservoir 20 wird mit dem Primärfluid befüllt und die Schliesseinrichtung 60 befindet sich in der Schliessstellung, sodass die Sekundärsubstanz nicht aus dem Vorratsbehälter 80 ausströmen kann. Das Sperrorgan 30 wird geöffnet, sodass die Strömungsverbindung zwischen dem Reservoir 20 und der Zuführverbindung 50 geöffnet ist.

[0070] Die Zentrifugalpumpe 40 wird über die Kontrolleinheit 70 angesteuert und beginnt, das Primärfluid aus dem Reservoir 20 durch den Eduktor 10 und zurück in das Reservoir 20 zu zirkulieren. Mittels des Sensors 91 wird die Saugleistung, also beispielsweise der Druck bzw. der Unterdruck in der Saugkammer 3, durch die Kontrolleinheit 70 ermittelt. Die Kontrolleinheit 70 steuert oder regelt über die erste Steuerleitung S1 einen Betriebsparameter der Zentrifugalpumpe 40, vorzugsweise die Drehzahl der Zentrifugalpumpe 40, derart, dass der in der Saugkammer 3 herrschend Unterdruck einen vorgebbaren Sollwert erreicht. Erst wenn die Saugleistung des Eduktors 10 ausreichend gross ist, wenn also beispielsweise der Unterdruck in der Saugkammer 3 den Sollwert erreicht hat, wird die Schliesseinrichtung 60 aus der Schliessstellung in die Offenstellung gebracht und der Mischvorgang beginnt.

[0071] Falls die Schliesseinrichtung 60 für eine manuelle Betätigung ausgestaltet ist, kann die Kontrolleinheit 70 ein optisches und/oder ein akustisches Signal und/oder eine Meldung verursachen, wenn der Sollwert erreicht ist. Dann kann das Bedienpersonal die Schliesseinrichtung 60 aus der Schliessstellung in die Offenstellung bringen, sodass die Sekundärsubstanz aus dem Vorratsbehälter 80 in die Saugkammer 3 gesaugt werden kann. In der Saugkammer 3 trifft die Sekundärsubstanz auf den Strom des Primärfluids und wird in der Auslass-

düse 4 mit dem Primärfluid durchmischt.

[0072] Falls die Schliesseinrichtung 60 für eine automatische Betätigung durch die Kontrolleinheit 70 ausgestaltet ist, schaltet die Kontrolleinheit 70 über die zweite Steuerleitung S2 die Schliesseinrichtung 60 aus der Schliessstellung in die Offenstellung, sodass die Strömungsverbindung zwischen dem Vorratsbehälter 80 und der Saugkammer 3 geöffnet wird und die Sekundärsubstanz aus dem Vorratsbehälter 80 in die Saugkammer 3 gesaugt wird.

[0073] Vorzugsweise wird während des Betriebs des Mischsystems 1 die Saugleistung des Eduktors 10, also beispielsweise der Unterdruck in der Saugkammer 3, mittels des Sensors 91 und der Kontrolleinheit 70 kontinuierlich oder in vorgebbaren Zeitabständen ermittelt. Dadurch lässt sich überwachen, ob der Unterdruck in der Saugkammer 3 noch den gewünschten Sollwert hat. Kommt es zu Abweichungen, ist als beispielsweise der Unterdruck in der Saugkammer 3 zu klein oder zu gross, so ändert die Kontrolleinheit 70 über die erste Steuerleitung S1 die Förderleistung der Zentrifugalpumpe 40, beispielsweise, indem die Kontrolleinheit 70 die Drehzahl der Zentrifugalpumpe 40 erhöht oder erniedrigt.

[0074] Kann die Kontrolleinheit 70 die Zentrifugalpumpe 40 nicht mehr so ansteuern bzw. regeln, dass der Unterdruck in der Saugkammer 3 zumindest näherungsweise den Sollwert erreicht, oder kommt es zu sonst einem unerwünschten Betriebszustand, z.B. zu einem Überdruck in der Saugkammer 3, so wird die Schliesseinrichtung 60 in die Schliessstellung gebracht, sodass die Strömungsverbindung zwischen der Saugkammer 3 und dem Vorratsbehälter 80 verschlossen wird. Hierdurch lässt es sich insbesondere vermeiden, dass es beispielsweise durch einen Überdruck in der Saugkammer 3 zu einem Leakagestrom aus der Saugkammer 3 in den Vorratsbehälter 80 kommt. Ein unerwünschtes Einströmen des Primärfluids oder des Mischfluids aus der Saugkammer 3 in den Vorratsbehälter 80 kann somit zuverlässig vermieden werden.

[0075] Falls die Schliesseinrichtung 60 für eine manuelle Betätigung ausgestaltet ist, kann die Kontrolleinheit 70 ein optisches und/oder ein akustisches Warnsignal und/oder eine Warnmeldung verursachen, wenn der Unterdruck in der Saugkammer 3 nicht mehr auf den Sollwert gebracht werden kann, oder es zu sonst einem unerwünschten Betriebszustand, z.B. zu einem Überdruck in der Saugkammer 3, kommt. Das Bedienpersonal kann dann händisch die Schliesseinrichtung 60 von der Offenstellung in die Schliessstellung bringen. Falls die Schliesseinrichtung 60 für eine automatische Betätigung durch die Kontrolleinheit 70 ausgestaltet ist, schaltet die Kontrolleinheit 70 in solchen Fällen über die zweite Steuerleitung S2 die Schliesseinrichtung 60 aus der Offenstellung in die Schliessstellung.

[0076] Insbesondere wenn die Schliesseinrichtung 60 für eine automatische Betätigung durch die Kontrolleinheit 70 ausgestaltet ist, kann die Schliesseinrichtung 60 als Klemm- oder Quetschventil (Pinch Valve) ausgestal-

tet sein.

[0077] Ein Überdruck in der Saugkammer 3 des Eduktors 10, der zu einem unerwünschten Strömen des Primärfluids oder des Mischfluids aus der Saugkammer 3 in den Vorratsbehälter 80 führen könnte, kann beispielsweise entstehen, wenn es zu einem Ausfall der Zentrifugalpumpe 40 kommt, z.B. durch eine Störung in der Energieversorgung der Zentrifugalpumpe 40. Falls die Zentrifugalpumpe 40 ausfällt, lastet der hydrostatische Druck des Mischfluids in der Abführverbindung 90 auf dem Auslass 6 des Eduktors 10. Hierdurch kommt es zu einem Überdruck in der Saugkammer 3, welcher das Primärfluid bzw. das Mischfluid durch den Sekundäreinlass 7 in den Vorratsbehälter 80 drückt. Dieses unerwünschte Rückströmen in den Vorratsbehälter 80 kann zuverlässig verhindert werden, indem die Schliesseinrichtung 60 in die Schliessstellung gebracht wird.

[0078] Eine andere mögliche Ursache für einen Überdruck im Eduktor 10 kann eine Verstopfung oder eine teilweise Blockade oder eine vollständige Blockade im Eduktor 10 stromabwärts der Saugkammer 3, beispielsweise in der Auslassdüse 4 sein. Auch in diesem Fall kann ein Strömen des Primärfluids oder des Mischfluids aus dem Eduktor 10 durch den Sekundäreinlass 7 in den Vorratsbehälter 80 zuverlässig verhindert werden, indem die Schliesseinrichtung 60 in die Schliessstellung gebracht wird.

[0079] Fig. 3 zeigt in einer schematischen Darstellung ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Mischsystems 1. Bei der folgenden Beschreibung des zweiten Ausführungsbeispiels wird nur auf die Unterschiede zu dem ersten Ausführungsbeispiel näher eingegangen. Gleiche Teile oder von der Funktion her gleichwertige Teile des zweiten Ausführungsbeispiels sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel. Insbesondere haben die Bezugszeichen die gleiche Bedeutung wie sie bereits im Zusammenhang mit dem ersten Ausführungsbeispiel erläutert sind. Es versteht sich, dass alle vorangehenden Erläuterungen des ersten Ausführungsbeispiels in gleicher Weise oder in sinngemäss gleicher Weise auch für das zweite Ausführungsbeispiel gelten.

[0080] Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel ist in der Abführverbindung 90 des Mischsystems 1 ein erstes Absperrventil 902 als Sicherheitsventil vorgesehen. Das erste Absperrventil 902 ist stromabwärts des Auslasses 6 des Eduktors 10 und vorzugsweise benachbart zum Auslass des Eduktors 10 angeordnet. Das erste Absperrventil 902 ist vorzugsweise automatisch betätigbar und über eine dritte Steuerleitung S3 mit der Kontrolleinheit 70 verbunden, sodass die Kontrolleinheit 70 das erste Absperrventil 902 öffnen oder schliessen kann. Wenn das erste Absperrventil 902 geschlossen ist, so ist die Strömungsverbindung durch die Abführverbindung 90 geschlossen. Somit kann bei einem unerwünschten Betriebszustand, beispielsweise bei einem Ausfall der Zentrifugalpumpe 40 oder bei einem Überdruck in der Saugkammer 3, ein Rückströmen des Mischfluids aus der Ab-

führverbindung 90 durch den Auslass 6 des Eduktors 10 in die Saugkammer 3 und von dort durch den Sekundäreinlass 7 in den Vorratsbehälter 80 zuverlässig verhindert werden. Insbesondere wenn die Abführverbindung 90 mit dem flexiblen Abführschlauch 901 realisiert ist, kann das erste Absperrventil 902 als Klemm- oder Quetschventil (Pinch Valve) ausgestaltet sein. Vorzugsweise ist das erste Absperrventil 902 dann als ein ansteuerbares magnetisches Quetschventil ausgestaltet. Ein solches magnetisches Quetschventil wird beispielsweise in der EP-A-1 132 108 offenbart.

[0081] Natürlich ist es auch möglich, dass das erste Absperrventil 902 als ein manuell betätigbares Ventil ausgestaltet ist.

[0082] Als eine Option ist alternativ oder ergänzend zu dem ersten Absperrventil 902 ein zweites Absperrventil 503 als Sicherheitsventil in der Zuführverbindung 50 des Mischsystems 1 vorgesehen. Das zweite Absperrventil 503 ist zwischen dem Pumpenauslass 402 der Zentrifugalpumpe 40 und dem Primäreinlass 5 des Eduktors 10 angeordnet. Das zweite Absperrventil 503 ist vorzugsweise automatisch betätigbar und über eine vierte Steuerleitung S4 mit der Kontrolleinheit 70 verbunden, sodass die Kontrolleinheit 70 das zweite Absperrventil 503 öffnen oder schliessen kann. Wenn das zweite Absperrventil 503 geschlossen ist, so ist die Strömungsverbindung durch die Zuführverbindung 50 zwischen der Zentrifugalpumpe 40 und dem Primäreinlass 5 des Eduktors 10 geschlossen. Somit kann bei einem unerwünschten Betriebszustand, beispielsweise bei einer teilweisen oder vollständigen Blockade in der Auslassdüse 4 des Eduktors 10 ein Strömen des Primärfluids aus der Saugkammer 3 durch den Sekundäreinlass 7 in den Vorratsbehälter 80 zuverlässig verhindert werden. Insbesondere wenn die Zuführverbindung 50 mit dem flexiblen Einspeiseschlauch 502 realisiert ist, kann das zweite Absperrventil 503 als Klemm- oder Quetschventil (Pinch Valve) ausgestaltet sein. Vorzugsweise ist das zweite Absperrventil 503 dann als ein ansteuerbares magnetisches Quetschventil ausgestaltet.

[0083] Natürlich ist es auch möglich, dass das zweite Absperrventil 503 als ein manuell betätigbares Ventil ausgestaltet ist.

[0084] Besonders bevorzugt ist mindestens eines der Absperrventile 902, 503 oder die Schliesseinrichtung 60 für eine automatische Betätigung durch die Kontrolleinheit 70 ausgestaltet. Somit kann die Kontrolleinheit 70 im Falle eines unerwünschten Betriebszustands, beispielsweise bei einem Überdruck in der Saugkammer 3, mindestens an einer Stelle, nämlich in der Zuführverbindung 50, in der Abführverbindung 90 oder zwischen der Saugkammer 3 und dem Vorratsbehälter 80, die Strömungsverbindung unterbrechen, ohne dass dafür das Eingreifen des Bedienpersonals notwendig ist. Insbesondere wenn das erste Absperrventil 902 und/oder das zweite Absperrventil 503 für eine automatische Betätigung durch die Kontrolleinheit 70 ausgestaltet sind, kann es vorteilhaft sein, die Schliesseinrichtung 60 für eine

manuelle Betätigung auszugestalten.

[0085] Es sind Ausgestaltungen möglich, bei denen nur das erste Absperrventil 902 vorgesehen ist. Ferner sind Ausgestaltungen möglich, bei denen nur das zweite Absperrventil 503 vorgesehen ist, und es sind Ausgestaltungen möglich, bei denen sowohl das erste Absperrventil 902 als auch das zweite Absperrventil 503 vorgesehen sind. Falls nur das zweite Absperrventil 503 in der Zuführverbindung 50 vorgesehen ist, ist es bevorzugt, dass die Schliesseinrichtung 60 für eine automatische Betätigung durch die Kontrolleinheit 70 ausgestaltet ist.

[0086] Ferner sind solche Ausführungsformen bevorzugt, bei denen jedes vorhandene Absperrventil 902 und/oder 503 als ansteuerbares Absperrventil 902, 503 ausgestaltet ist, welches von der Kontrolleinheit 70 ansteuerbar ist.

[0087] Vorzugsweise wird während des Betriebs des Mischsystems 1 mittels des Sensor 91 und der Kontrolleinheit 70 die Saugleistung des Eduktors 10 überwacht, beispielsweise durch Ermittlung des Drucks in der Saugkammer 3. Falls die Saugleistung unter einen vorgebbaren Schwellenwert abfällt, schliesst die Kontrolleinheit 70 die Zuführverbindung 50 mittels des zweiten Absperrventils 503 und/oder die Abführverbindung 90 mittels des ersten Absperrventils 902, und/oder die Kontrolleinheit 70 bringt die Schliesseinrichtung 60 in die Schliessstellung.

[0088] Fig. 4 zeigt in einer schematischen Darstellung ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Mischsystems 1. Bei der folgenden Beschreibung des dritten Ausführungsbeispiels wird nur auf die Unterschiede zu dem ersten und dem zweiten Ausführungsbeispiel näher eingegangen. Gleiche Teile oder von der Funktion her gleichwertige Teile des dritten Ausführungsbeispiels sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet wie bei dem ersten und dem zweiten Ausführungsbeispiel. Insbesondere haben die Bezugszeichen die gleiche Bedeutung wie sie bereits im Zusammenhang mit dem ersten und dem zweiten Ausführungsbeispiel erläutert sind. Es versteht sich, dass alle vorangehenden Erläuterungen des ersten und des zweiten Ausführungsbeispiels in gleicher Weise oder in sinngemäss gleicher Weise auch für das dritte Ausführungsbeispiel gelten.

[0089] Bei dem dritten Ausführungsbeispiel ist nur das zweite Absperrventil 503 in der Zuführverbindung 50 vorgesehen, nicht aber das erste Absperrventil 902 in der Abführverbindung 90. Bei dem dritten Ausführungsbeispiel ist zwischen dem Sekundäreinlass 7 des Eduktors 10 und der Schliesseinrichtung 60 ein Zusatzreservoir 76 für die Aufnahme von aus der Abführverbindung 90 rückströmenden Mischfluid oder Primärfluid. Das Zusatzreservoir 76 ist bezüglich seines Volumens so bemessen, dass es die gesamte Menge an Fluid aufnehmen kann, die bei einem Ausfall der Zentrifugalpumpe 40 aus der Abführverbindung 90 durch den Auslass 6 in den Eduktor 10 zurückströmt. Das Fassungsvermögen des Zusatzreservoirs 76 wird an den jeweiligen Anwendungsfall angepasst, denn die maximale Menge des Flu-

ids, die bei einem Ausfall der Zentrifugalpumpe 40 aus der Abführverbindung 90 in den Eduktor 10 zurückströmen kann, hängt von der konkreten Ausgestaltung der Abführverbindung 90 im jeweiligen Anwendungsfall ab, beispielsweise von ihrer Länge, ihrem Durchmesser und dem Höhenunterschied in der Abführverbindung 90. Im jeweiligen Anwendungsfall lässt sich jedenfalls berechnen oder zumindest abschätzen, welches Volumen bei einem Ausfall der Zentrifugalpumpe 40 aufgrund des hydrostatischen Drucks aus der Abführverbindung 90 in den Eduktor 10 zurückströmen kann. Das Zusatzreservoir 76 wird dann so bemessen, dass es mindestens dieses Volumen an Fluid aufnehmen kann. Somit lässt sich ein Überlaufen des Eduktors 10 vermeiden, d.h. selbst wenn die Schliesseinrichtung 60 nicht in der Schliessstellung ist, kann das Fluid beim Ausfall der Zentrifugalpumpe 40 nicht aus der Saugkammer 3 in den Vorratsbehälter 80 gelangen, weil es von dem Zusatzreservoir 76 aufgenommen wird.

[0090] Es ist natürlich auch möglich, das Zusatzreservoir 76 bei dem ersten Ausführungsbeispiel oder bei dem zweiten Ausführungsbeispiel des Mischsystems 1 vorzusehen.

[0091] Als erste Zentrifugalpumpe 40 ist prinzipiell jeder Typ von Zentrifugalpumpe geeignet, mit welchem das Primärfluid aus dem Reservoir 20 durch die Zuführverbindung 50 zum Eduktor 10 gefördert werden kann.

[0092] Im Folgenden wird anhand der Fig. 5 und der Fig. 6 ein Typ von Zentrifugalpumpe 40 beschrieben, der speziell bevorzugt ist.

[0093] Fig. 5 zeigt eine perspektivische Darstellung eines elektromagnetischen Drehantriebs 100 einer Zentrifugalpumpe 40, der als Tempelmotor ausgestaltet ist. Fig. 6 zeigt eine Ausführungsform einer Zentrifugalpumpe 40 mit einem berührungslos magnetisch lagerbaren Rotor 300 in einem Schnitt in axialer Richtung,

[0094] Die im Folgenden beschriebenen Zentrifugalpumpe 40 umfasst den Rotor 300 zum Fördern des Primärfluids, sowie einen Stator 200, der mit dem Rotor 300 einen elektromagnetischen Drehantrieb 100 zum Rotieren des Rotors 300 um eine axiale Richtung R bildet, wobei der Rotor 300 einen magnetisch wirksamen Kern 301 umfasst, sowie eine Mehrzahl von Flügeln 305 (Fig. 6) zum Fördern des Fluids, wobei der Stator 200 als Lager- und Antriebsstator ausgestaltet ist, mit welchem der Rotor 300 berührungslos magnetisch antreibbar und berührungslos magnetisch bezüglich des Stators 200 lagerbar ist.

[0095] Ein besonderer Vorteil dieser Ausgestaltung der Zentrifugalpumpe 40 ist es, dass der Rotor 300 als Integralrotor ausgestaltet ist, weil er sowohl der Rotor 300 des elektromagnetischen Drehantriebs 100 ist, als auch der Rotor 300 der Zentrifugalpumpe 40, mit welchem das Primärfluid gefördert wird. Insgesamt erfüllt der Rotor 300 somit drei Funktionen in einem: Er ist der Rotor 300 des elektromagnetischen Antriebs 100, er ist der Rotor 300 der magnetischen Lagerung, und er ist das Laufrad, mit welchem auf das Primärfluid eingewirkt

wird. Diese Ausgestaltung als Integralrotor bietet den Vorteil einer sehr kompakten und platzsparenden Ausgestaltung.

[0096] Ein weiterer Vorteil ist die berührungslose magnetische Lagerung des Rotors 300 bezüglich des Stators 200, welche aufgrund der Abwesenheit von mechanischen Lagern für den Rotor 300 sicherstellt, dass keine Verunreinigungen, wie sie beispielsweise in mechanischen Lagern auftreten können, in das Primärfluid eindringen. Zudem ist aufgrund der Abwesenheit mechanischer Lager und der in diesen auftretenden Reibungskräfte der Zusammenhang zwischen den elektrischen Betriebsgrößen, wie beispielsweise Antriebsstrom oder Antriebsspannung, und der Drehzahl des Rotors 300 wesentlich genauer definiert, wodurch sich die Regelung der Zentrifugalpumpe 40 verbessert bzw. vereinfacht.

[0097] Fig. 5 zeigt eine perspektivische Darstellung einer Ausführungsform des elektromagnetischen Drehantriebs 100, der als sogenannter Tempelmotor und nach dem Prinzip des lagerlosen Motors ausgestaltet ist.

[0098] Der elektromagnetische Drehantrieb 100 ist nach dem Prinzip des lagerlosen Motors ausgestaltet und wird nach diesem Prinzip betrieben. Mit dem Begriff lagerloser Motor ist dabei ein elektromagnetischer Drehantrieb 100 gemeint, bei welchem der Rotor 300 vollkommen magnetisch bezüglich des Stators 200 gelagert ist, wobei keine separaten magnetischen Lager vorgesehen sind. Der Stator 200 ist dazu als Lager- und Antriebsstator ausgestaltet, der sowohl Stator 200 des elektrischen Antriebs als auch Stator der magnetischen Lagerung ist. Der Stator 200 umfasst elektrische Wicklungen 206, mit denen sich ein magnetisches Drehfeld erzeugen lässt, welches zum einen ein Drehmoment auf den Rotor 300 ausübt, das dessen Rotation um eine Solldrehachse bewirkt, welche die axiale Richtung R festlegt, und welches zum anderen eine beliebig einstellbare Querkraft auf den Rotor 300 ausübt, sodass dessen radiale Position aktiv steuerbar bzw. regelbar ist. Somit sind drei Freiheitsgrade des Rotors 300 aktiv regelbar, nämlich seine Rotation sowie seine radiale Position (zwei Freiheitsgrade). Bezüglich dreier weiterer Freiheitsgrade, nämlich seiner Position in axialer Richtung R und Verkippungen bezüglich der zur Solldrehachse senkrechten radialen Ebene (zwei Freiheitsgrade), ist der Rotor 300 passiv magnetisch, das heisst nicht ansteuerbar, vorzugsweise durch Reluktanzkräfte gelagert bzw. stabilisiert. Das Nichtvorhandensein eines separaten magnetischen Lagers bei vollständiger magnetischer Lagerung des Rotors 300 ist die Eigenschaft, welcher der lagerlose Motor seinen Namen verdankt. In dem Lager- und Antriebsstator lässt sich die Lagerfunktion nicht von der Antriebsfunktion separieren.

[0099] Die Solldrehachse bezeichnet dabei diejenige Achse, um welche sich der Rotor 300 im Betriebszustand dreht, wenn sich der Rotor 300 bezüglich des Stators 200 in einer zentrierten und unverkippten Lage befindet, so wie dies in Fig. 5 und Fig. 6 dargestellt ist. Diese Solldrehachse definiert die axiale Richtung R. Üblicherweise

stimmt die die axiale Richtung R festlegende Soll Drehachse mit der Mittelachse des Stators 200 überein.

[0100] Im Folgenden wird mit einer radialen Richtung eine Richtung bezeichnet, welche senkrecht auf der axialen Richtung R steht.

[0101] Der Rotor 300 umfasst den magnetisch wirksamen Kern 301, welcher ring- oder scheibenförmig ausgestaltet ist. Der magnetisch wirksame Kern 301 ist gemäss der Darstellung in Fig. 5 als permanentmagnetische Scheibe ausgestaltet und definiert eine magnetische Mittelebene C (Fig. 6). Mit der magnetischen Mittelebene C des magnetisch wirksamen Kerns 301 des Rotors 300 wird diejenige Ebene senkrecht zur axialen Richtung R bezeichnet, in welcher der magnetisch wirksame Kern 301 des Rotors 300 im Betriebszustand gelagert wird, wenn der Rotor 300 nicht verkippt und in axialer Richtung R nicht ausgelenkt ist. In der Regel ist bei einem scheibenförmigen oder ringförmigen magnetisch wirksamen Kern 301 die magnetische Mittelebene C die geometrische Mittelebene des magnetisch wirksamen Kerns 301 des Rotors 300, die senkrecht zur axialen Richtung R liegt. Diejenige Ebene, in welcher der magnetisch wirksame Kern 301 des Rotors 300 im Betriebszustand im Stator 200 gelagert ist, wird auch als radiale Ebene bezeichnet. Die radiale Ebene definiert die x-y-Ebene eines kartesischen Koordinatensystems, dessen z-Achse in axialer Richtung R verläuft. Ist der magnetisch wirksame Kern 301 des Rotors 300 nicht verkippt und bezüglich der axialen Richtung R nicht ausgelenkt, so stimmt die radiale Ebene mit der magnetischen Mittelebene C überein.

[0102] Mit der radialen Position des magnetisch wirksamen Kerns 301 bzw. des Rotors 300 wird die Lage des Rotors 300 in der radialen Ebene bezeichnet.

[0103] Mit dem "magnetisch wirksamen Kern 301" des Rotors 300 ist derjenige Bereich des Rotors 300 gemeint, welcher für die Drehmomentbildung sowie für die Erzeugung der magnetischen Lagerkräfte magnetisch mit dem Stator 200 zusammenwirkt.

[0104] Der elektromagnetische Drehantrieb 100 ist als Tempelmotor ausgestaltet und umfasst den Stator 200, welcher eine Mehrzahl von Spulenkernen 205 - hier sechs Spulenkern 205 - aufweist, von denen jeder einen Längsschenkel 251 umfasst, welcher sich in axialer Richtung R erstreckt, sowie einen senkrecht zum Längsschenkel 251 angeordneten Querschenkel 252, welcher sich in radialer Richtung erstreckt und durch eine Stirnfläche begrenzt wird. Die Spulenkern 205 sind äquidistant auf einer Kreislinie angeordnet, sodass die Stirnflächen der Querschenkel 252 den magnetisch wirksamen Kern 301 des Rotors 300 umgeben. An jedem Längsschenkel 251 ist eine konzentrierte Wicklung 206 angeordnet, welche den jeweiligen Längsschenkel 251 umgibt.

[0105] Die zueinander parallel ausgerichteten Längsschenkel 251 der Spulenkern 205, die sich alle parallel zur axialen Richtung R erstrecken, und welche den Rotor 300 umgeben, sind es, welche dem Tempelmotor seinen

Namen gegeben haben, weil diese parallelen Längsschenkel 251 an die Säulen eines Tempels erinnern.

[0106] In Fig. 5 ist von dem Rotor 300 nur der magnetisch wirksame Kern 301 dargestellt. Es versteht sich, dass der Rotor 300 natürlich auch noch weitere Komponenten umfassen kann wie beispielsweise Ummantelungen oder Kapselungen, die vorzugsweise aus einem Kunststoff hergestellt sind, oder aus einem Metall oder aus einer Metalllegierung oder aus einer Keramik bzw. einem keramischen Werkstoff. Ferner umfasst der Rotor 300 auch die Flügel 305 zum Pumpen des Primärfluids (siehe Fig. 6). Der Rotor 300 kann auch noch sonstige Komponenten umfassen.

[0107] Diejenigen Enden der Längsschenkel 251, welche den Querschenkeln 252 abgewandt sind - in Fig. 5 und Fig. 6 sind dies die darstellungsgemäss unteren Enden - sind durch einen Rückschluss 207 miteinander verbunden. Der Rückschluss 207 ist vorzugsweise ringförmig ausgestaltet oder umfasst mehrere Segmente, welche die Längsschenkel 251 miteinander verbinden. Sowohl der Rückschluss 207 als auch die Spulenkern 205 des Stators 200 sind jeweils aus einem weichmagnetischen Material gefertigt, weil sie als Flussleitenelemente zur Führung des magnetischen Flusses dienen. Geeignete weichmagnetische Materialien für die Spulenkern 205 und den Rückschluss 207 sind beispielsweise ferromagnetische oder ferrimagnetische Materialien, also insbesondere Eisen, Nickel-Eisen, Kobalt-Eisen Silizium-Eisen oder Mu-Metall. Hierbei ist für den Stator 200 eine Ausgestaltung als Statorblechpaket bevorzugt, bei welcher die Spulenkern 205 und der Rückschluss 207 geblecht ausgestaltet sind, das heisst sie bestehen aus mehreren dünnen Blechelementen, die gestapelt sind.

[0108] Um die für den magnetischen Antrieb und die magnetische Lagerung des Rotors 300 notwendigen elektromagnetischen Drehfelder zu erzeugen, tragen die Längsschenkel 251 der Spulenkern 205 die als konzentrierte Wicklungen 206 ausgestalteten Wicklungen, wobei bei der hier beschriebenen Ausführungsform um jeden Längsschenkel 251 herum jeweils genau eine konzentrierte Wicklung 206 angeordnet ist. Mit diesen konzentrierten Wicklungen 206 werden im Betriebszustand diejenigen elektromagnetischen Drehfelder erzeugt, mit welchen ein Drehmoment auf den Rotor 300 bewirkt wird, und mit welchen eine beliebig einstellbare Querkraft in radialer Richtung auf den Rotor 300 ausübbar ist, sodass die radiale Position des Rotors 300, also seine Position in der zur axialen Richtung R senkrechten radialen Ebene, aktiv steuerbar bzw. regelbar ist. Natürlich sind auch solche Ausgestaltungen möglich, bei denen jeder Längsschenkel 251 mehr als eine konzentrierte Wicklung 206 aufweist, beispielsweise genau zwei konzentrierte Wicklungen.

[0109] Wie bereits erwähnt, ist der magnetisch wirksame Kern 301 permanentmagnetisch ausgestaltet. Dazu kann der magnetisch wirksame Kern 301 mindestens einen Permanentmagneten, aber auch mehrere Permanentmagnete umfassen oder - wie im hier beschriebenen

Ausführungsbeispiel - vollständig aus einem permanentmagnetischen Material bestehen, sodass der magnetisch wirksame Kern 301 der Permanentmagnet ist. Die Magnetisierung des magnetisch wirksamen Kerns 301 des Rotors 300 ist in Fig. 5 durch den Pfeil ohne Bezugszeichen im magnetisch wirksamen Kern 301 dargestellt. Der magnetisch wirksame Kern 301 ist also in radialer Richtung magnetisiert.

[0110] Fig. 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Zentrifugalpumpe 40 in einem Schnitt in axialer Richtung R.

[0111] Die Zentrifugalpumpe 40 umfasst eine Pumpeneinheit 400 mit einem Pumpengehäuse 460, welches den Pumpeneinlass 401 und den Pumpenauslass 402 für das zu fördernde Fluid umfasst, wobei der Rotor 300 im Pumpengehäuse 460 angeordnet ist, und eine Mehrzahl von den Flügeln 305 zum Fördern des Fluids umfasst. Die Pumpeneinheit 400 ist derart ausgestaltet, dass die Pumpeneinheit 400 so in den Stator 200 einsetzbar ist, dass der magnetisch wirksame Kern 301 des Rotors 300 von den Stirnflächen der Querschenkel 252 umgeben wird.

[0112] Das Pumpengehäuse 460 der Pumpeneinheit 400 umfasst ein Basisteil 461 und einen Deckel 462, welche dichtend miteinander verbunden sind, wobei der Pumpenauslass 402 vorzugsweise, aber nicht notwendigerweise, vollständig im Basisteil 461 des Pumpengehäuses 460 angeordnet ist. Der Deckel 462 umfasst den Pumpeneinlass 401, welcher sich in axialer Richtung R erstreckt, sodass das Primärfluid den Rotor 300 aus der axialen Richtung R anströmt.

[0113] Der Rotor 300 umfasst die Mehrzahl von Flügeln 305 zum Fördern des Fluids, beispielsweise insgesamt vier Flügel 305, wobei diese Anzahl beispielhaften Charakter hat. Der Rotor 300 umfasst ferner eine Ummantelung 308, mit welcher der magnetisch wirksame Kern 301 des Rotors 300 umschlossen und vorzugsweise hermetisch eingekapselt ist, sodass der magnetisch wirksame Kern 301 des Rotors 300 nicht in Kontakt mit dem zu fördernden Primärfluid kommt. Alle Flügel 305 sind auf der Ummantelung 308 angeordnet und bezüglich der Umfangsrichtung des Rotors 300 äquidistant angeordnet. Jeder Flügel 305 erstreckt sich in radialer Richtung nach aussen und ist drehfest mit der Ummantelung 308 verbunden. Die Flügel 305 können separate Komponenten sein, die dann auf der Ummantelung 308 fixiert werden. Es ist natürlich auch möglich, dass alle Flügel 305 integraler Bestandteil der Ummantelung 308 sind, dass also die Ummantelung 308 mit allen Flügeln 305 einstückig ausgestaltet ist. Der Rotor 300 mit den Flügeln 305 bildet das Flügelrad bzw. das Laufrad der Zentrifugalpumpe 40, mit welchem auf das Primärfluid eingewirkt wird.

[0114] Die Ausgestaltung der Zentrifugalpumpe 40 mit dem elektromagnetischen Drehantrieb 100 nach dem Prinzip des lagerlosen Motors ermöglicht zudem, dass der Rotor 300 sehr leicht vom Stator 200 trennbar ist. Dies ist ein sehr grosser Vorteil, weil damit beispielsweise der Rotor 300 bzw. die Pumpeneinheit 400, welche

den Rotor 300 umfasst, als Einmalteil für den Einmalgebrauch ausgestaltet werden kann. Solche Einmalanwendungen ersetzen heute häufig Prozesse, bei denen früher aufgrund der sehr hohen Reinheitsanforderungen alle diejenigen Komponenten, welche im Prozess mit den zu behandelnden Substanzen in Kontakt kommen, aufwändig gereinigt und sterilisiert werden müssen, beispielsweise mittels Dampfsterilisierung. Bei der Ausgestaltung für den Einmalgebrauch werden diejenigen Komponenten, welche mit den zu behandelnden Substanzen oder Fluiden in Kontakt kommen, nur genau einmal verwendet und dann bei der nächsten Anwendung durch neue, das heisst ungebrauchte, Einmalteile ersetzt.

[0115] Das erfindungsgemässe Mischsystem 1 kann daher insbesondere auch derart ausgestaltet sein, dass es eine wiederverwendbare Vorrichtung umfasst, die für den Mehrfachgebrauch ausgestaltet ist, sowie eine Einmalvorrichtung bzw. einen Satz von Einmalteilen, die für den Einmalgebrauch ausgestaltet ist/sind. Die wiederverwendbare Vorrichtung umfasst dabei insbesondere diejenigen Komponenten, welche nicht mit dem Fluid in Berührung kommen, also insbesondere den Stator 200 der Zentrifugalpumpen 40 und die Kontrolleinheit 70.

[0116] Auch ist es möglich, dass das Mischsystem 1 ferner das Reservoir 20 für das Primärfluid umfasst. Dabei sind solche Ausgestaltungen möglich, bei welchen das gesamte Reservoir 20 als Einmalteil ausgestaltet ist, beispielsweise als ein formstabil ausgestalteter Kunststoffbehälter, und solche Ausgestaltungen, bei denen nur eine Komponente des Reservoirs 20 als Einmalteil ausgestaltet ist.

[0117] Das Reservoir 20 umfasst dann beispielsweise einen flexiblen Einsatz zur Aufnahme des Primärfluids, welcher aus einem Kunststoff hergestellt ist. Der Einsatz ist vorzugsweise ein flexibler Beutel, beispielsweise ein Plastik- oder ein Kunststoffsack, der zusammengefaltet werden kann, sodass er bei der Lagerung möglichst wenig Platz beansprucht. Der Einsatz kann zusätzliche Ein- oder Auslässe umfassen, beispielsweise für die Zuführung weiterer Substanzen, z. B. Nährlösungen oder Gase wie z. B. Sauerstoff. Auch ist es möglich, einen weiteren Einlass für die Aufnahme von Sonden oder Messsensoren vorzusehen, mit denen Parameter überwacht werden, z. B. Temperatur, Druck, Konzentrationen etc.

[0118] Das Reservoir 20 umfasst bei dieser Ausgestaltung ferner einen formstabilen Stützbehälter, der als wiederverwendbare Komponente und für die Aufnahme des Einsatzes ausgestaltet ist. Der Einsatz ist als Einmalteil für den Einmalgebrauch ausgestaltet.

[0119] Insbesondere im Hinblick auf solche Ausgestaltungen des Mischsystems 1, welche wiederverwendbare Komponenten für den Mehrfachgebrauch sowie Komponenten für den Einmalgebrauch umfassen, wird ferner ein Satz von Einmalteilen für eine erfindungsgemässe Mischvorrichtung 1 vorgeschlagen, welcher zumindest die folgenden Komponenten umfasst, die jeweils als Einmalteile ausgestaltet sind: den Eduktor 10, optional den

Vorratsbehälter 80 für die Sekundärschubstanz, die Pumpeneinheit 400 für die Zentrifugalpumpe 40, die Schliesseinrichtung 60, eine Mehrzahl von Schläuchen, welche zum Realisieren der Zuführverbindung 50 und der Abführverbindung 90 ausgestaltet ist, also insbesondere den Zuführschlauch 501, den Einspeiseschlauch 502 und den Abführschlauch 901. Optional kann der Satz von Einmalteilen auch das Reservoir 20 für das Primärfluid umfassen oder Teile dieses Reservoirs, beispielsweise den als Kunststofftasche ausgestalteten Einsatz, der in den Stützbehälter eingesetzt werden kann.

[0120] Vorzugsweise umfasst der Satz von Einmalteilen auch den Vorratsbehälter 80 für die Sekundärschubstanz. Es sind dabei auch solche Ausgestaltungen möglich, bei denen der Vorratsbehälter 80 keine separate Komponente ist, sondern durch den Sekundäreinlass 7 realisiert wird. Der Vorratsbehälter 80 ist dann integraler Bestandteil des Eduktors 10 bzw. des Sekundäreinlasses 7. So kann beispielsweise der Sekundäreinlass 7 derart ausgestaltet werden, dass er gross genug ist, um die Sekundärschubstanz aufzunehmen. Der Vorratsbehälter 80 ist dann Bestandteil des Sekundäreinlasses 7.

[0121] Mit dem Begriff "Einmalvorrichtung" bzw. "Einmalteil" bzw. "Einmalkomponente" sind dabei solche Komponenten bzw. Teile gemeint, die für den Einmalgebrauch ausgestaltet sind, die also bestimmungsgemäss nur ein einziges Mal benutzt werden können und dann entsorgt werden. Für eine neue Anwendung muss dann eine neue, bisher unbenutzte Einmalvorrichtung eingesetzt werden. Bei der Konzipierung bzw. der Ausgestaltung der Einmalvorrichtung sind es daher wesentliche Aspekte, dass die Einmalvorrichtung möglichst einfach und wirtschaftlich günstig herstellbar ist, wenige Kosten verursacht und aus möglichst preisgünstig erhältlichen Materialien, beispielsweise Kunststoffen, herstellbar ist. Ein anderer wesentlicher Aspekt ist es, dass die Einmalvorrichtung in möglichst einfacher Weise mit anderen Komponenten in dem Mischsystem 1 zusammenfügbar ist. Die Einmalvorrichtung soll also in sehr einfacher Weise ersetzt werden können, ohne dass dafür ein hoher Montageaufwand notwendig ist. Besonders bevorzugt soll die Einmalvorrichtung ohne die Verwendung von Werkzeugen ersetzt werden können.

[0122] Auch ist es ein wichtiger Aspekt, dass die Einmalvorrichtung nach ihrem Gebrauch möglichst einfach zu entsorgen ist. Daher werden solche Materialien bevorzugt, die eine möglichst geringe Umweltbelastung, insbesondere auch bei der Entsorgung mit sich bringen.

[0123] Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist es, dass die als Einmalvorrichtung ausgestalteten Komponenten für gewisse Anwendungsbereiche sterilisierbar sein müssen. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Einmalvorrichtung bzw. die Einmalkomponenten bzw. die Einmalteile gamma-sterilisierbar sind. Bei dieser Art der Sterilisierung wird das zu sterilisierende Element mit Gamma-Strahlung beaufschlagt. Der Vorteil der Gamma-Sterilisierung, beispielsweise im Vergleich zur Dampfsterilisierung, liegt insbesondere darin, dass die

Sterilisierung auch durch die Verpackung hindurch erfolgen kann. Gerade bei Einmalvorrichtungen ist es eine gängige Praxis, dass die Teile nach ihrer Herstellung in die Verpackung gebracht werden und dann noch eine Zeit lagern, bevor sie an den Kunden ausgeliefert werden. Die Sterilisierung erfolgt dann üblicherweise erst kurz vor der Auslieferung an den Kunden oder erst durch den Kunden. In solchen Fällen erfolgt die Sterilisierung durch die Verpackung hindurch, was bei einer Dampfsterilisierung oder anderen Verfahren nicht möglich ist.

[0124] Bezüglich der Einmalteile ist es in der Regel nicht notwendig, dass sie mehr als einmal sterilisierbar sein müssen. Dies ist insbesondere bei der Gamma-Sterilisierung ein grosser Vorteil, weil die Beaufschlagung mit Gamma-Strahlung bei Kunststoffen zu Degradationen führen kann, sodass eine mehrfache Gamma-Sterilisierung den Kunststoff unbrauchbar machen kann.

[0125] Da in der Regel bei Einmalvorrichtungen auf eine Sterilisierung unter hohen Temperaturen und /oder unter hohem (Dampf-) Druck verzichtet werden kann, können kostengünstigere Kunststoffe eingesetzt werden, beispielsweise solche, die keine hohen Temperaturen aushalten, oder die nicht mehrfach hohen Temperatur- und Druckwerten ausgesetzt werden können.

[0126] Unter Berücksichtigung all dieser Aspekte ist es daher bevorzugt, für die Herstellung der Einmalteile bzw. der Einmalkomponenten solche Kunststoffe zu verwenden, die zumindest einmal gamma-sterilisierbar sind. Die Materialien sollten dabei gammastabil für eine Dosis von mindestens 40 kGy sein, um eine einmalige Gamma-Sterilisierung zu ermöglichen. Bei der Gamma-Sterilisierung sollten zudem keine giftigen Stoffe entstehen. Zudem ist es bevorzugt, wenn alle Materialien, die mit den zu mischenden bzw. den durchmischten Substanzen in Berührung kommen, USP Class VI Standards erfüllen.

[0127] Für die Herstellung der Einmalteile des Mischsystems 1 sind neben den bereits genannten Kunststoffen beispielsweise auch folgende Kunststoffe geeignet: PolyEthylene (PE), Low Density PolyEthylene (LDPE), Ultra Low Density PolyEthylene (ULDPE), High Density PolyEthylene (HDPE), Ethylene Vinyl Acetate (EVA), PolyEthylene Terephthalate (PET), PolyVinylidene Fluoride (PVDF), Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), PolyAcryl, PolyCarbonate (PC), Polysulfone wie beispielsweise Polysulfon (PSU).

[0128] Im Folgenden wird anhand von Fig. 7 noch eine zweite Ausführungsform für den Eduktor 10 erläutert, die insbesondere aber nicht nur für eine Ausgestaltung des Eduktors 10 als Einmalteil geeignet ist. Fig. 7 zeigt eine Schnittdarstellung dieser zweiten Ausführungsform des Eduktors 10.

[0129] Der Eduktor 10 umfasst die konvergierend ausgestaltete Einlassdüse 2, die Saugkammer 3 zum Einsaugen der Sekundärschubstanz, und die Auslassdüse 4, die vorzugsweise als Venturi-Düse ausgestaltet ist.

[0130] Die Einlassdüse 2 weist eine Längsachse auf, durch welche die Mittelachse A des Eduktors 10 festge-

legt ist. Die Auslassdüse 4 weist eine Längsachse auf, welche auf der Mittelachse A des Eduktors 1 liegt, d.h. die Einlassdüse 2 und die Auslassdüse 4 sind so ausgestaltet, dass ihre Längsachsen miteinander fluchten.

[0131] In Richtung der Mittelachse A gesehen ist die Saugkammer 3 zwischen der Einlassdüse 2 und der Auslassdüse 4 angeordnet. Die Saugkammer 3 weist den Sekundäreinlass 7 für die Sekundärsubstanz auf. Der Sekundäreinlass 7 bildet die Eintrittsfläche 71, durch welche die Sekundärsubstanz in den Eduktor 10 eintritt, wie dies der Pfeil mit dem Bezugszeichen S in Fig. 7 andeutet. Der Sekundäreinlass 7 ist derart ausgestaltet, dass der Normalenvektor der Eintrittsfläche 71 senkrecht auf der Mittelachse A des Eduktors 10 steht. Dem Sekundäreinlass 7 gegenüberliegend ist ein Boden 32 vorgesehen, welcher die Saugkammer 3 begrenzt. Ferner ist eine Seitenwand 33 vorgesehen, welche die Saugkammer 3 begrenzt, wobei die Seitenwand 33 rechtwinklig oder zumindest näherungsweise rechtwinklig zum Boden 32 angeordnet ist. Zwischen der Seitenwand 33 und dem Sekundäreinlass 7 weist die Saugkammer 3 einen trichterförmig ausgestalteten Einlaufbereich 31 auf, welcher sich vom Sekundäreinlass 7 in Richtung des Bodens 32 gesehen verjüngt.

[0132] Die Einlassdüse 2 erstreckt sich von dem Primäreinlass 5 für das Primärfluid bis zu der Seitenwand 33 der Saugkammer 3. Durch den Primäreinlass 5 strömt im Betriebszustand das Primärfluid in Richtung der Mittelachse A wie dies der Pfeil mit dem Bezugszeichen P in Fig. 7 andeutet. Die Einlassdüse 2 weist eine Austrittsfläche 21 auf, durch welche das Primärfluid in die Saugkammer 3 eintritt. Die Austrittsfläche 21 hat einen Normalenvektor, welcher auf der Mittelachse A liegt. Die Austrittsfläche 21 der Einlassdüse 2 ist in der Seitenwand 33 der Saugkammer 3 angeordnet, sodass die Einlassdüse 2 nicht über die Seitenwand 33 hinausragt, sondern bündig mit der Seitenwand 33 endet. Insbesondere ragt also die Einlassdüse 2 nicht in die Saugkammer 3 hinein. Durch diese Ausgestaltung werden Totzonen in der Saugkammer 3 zwischen der Einlassdüse 2 und dem Boden 32 vermieden.

[0133] Die Auslassdüse 4 erstreckt sich von der Saugkammer 3 bis zum Auslass 6. Im Betriebszustand tritt das Mischfluid, also das mit der Sekundärsubstanz durchmischte Primärfluid, durch den Auslass 6 aus dem Eduktor 10 aus, wie dies der Pfeil mit dem Bezugszeichen M in Fig. 7 andeutet.

[0134] Die Auslassdüse 4 weist eine Eintrittskante 41 auf, die unmittelbar am Boden 32 der Saugkammer 3 angeordnet ist. Die Eintrittskante 41 ist an der Saugkammer 3 der Seitenwand 33 gegenüberliegend angeordnet und erstreckt sich entlang der gesamten lateralen Erstreckung der Saugkammer 3 um die Mittelachse A herum. Im Bereich des Einlaufbereichs 31 der Saugkammer 3 ist die Eintrittskante 41 als Abrundung 411 stark abgerundet ausgestaltet, um eine scharfe Kante zu vermeiden und einen möglichst sanften Übergang vom Einlaufbereich 31 der Saugkammer 3 in die Auslassdüse 4 zu er-

möglichen.

[0135] Die Auslassdüse 4 ist vorzugsweise als Venturidüse ausgestaltet. Stromabwärts der Eintrittskante 41 der Auslassdüse 4 schliesst sich daher der konvergierende Abschnitt 42 an, in welchem sich die für die Strömung zur Verfügung stehende Querschnittsfläche der Auslassdüse 4 bis auf einen Minimalwert verkleinert. Stromabwärts des konvergierenden Abschnitts 42 kann der Mischabschnitt 43 vorgesehen sein, in welchem die Querschnittsfläche im Wesentlichen konstant bleibt. Im Mischabschnitt 43 ist der Innendurchmesser der Auslassdüse 4 im Wesentlichen konstant. Der Mischabschnitt 43 dient der Durchmischung des Primärfluids mit der Sekundärsubstanz. An den Mischabschnitt 43 schliesst sich stromabwärts der divergierende Abschnitt 44 an, der als Diffusor dient und sich bis an den Auslass 6 der Auslassdüse 4 erstreckt. Im divergierenden Abschnitt 44 vergrößert sich die für die Strömung zur Verfügung stehende Querschnittsfläche in Strömungsrichtung gesehen.

[0136] Die am Einlaufbereich 31 vorgesehene Abrundung 411 der Eintrittskante 41 der Auslassdüse 4 kann sich in Strömungsrichtung gesehen bis an den Beginn des Mischabschnitts 43 erstrecken. Im Bereich des Bodens 32 der Saugkammer 3 ist der konvergierende Abschnitt 42 im Wesentlichen kegelstumpfförmig ausgestaltet.

[0137] Die Eintrittskante 41 der Auslassdüse 4 weist dort, wo sie an den Boden 32 der Saugkammer 3 angrenzt, einen Abstand von der Mittelachse A des Eduktors 10 auf, welcher mindestens gleich gross ist wie der Abstand des Bodens 32 der Saugkammer 3 von der Mittelachse A des Eduktors 10. In der hier beschriebenen Ausführungsform ist der Abstand der Eintrittskante 41 von der Mittelachse A des Eduktors 10 gleich gross ist wie der Abstand des Bodens 32 der Saugkammer 3 von der Mittelachse A.

[0138] Bezüglich der normalen Betriebslage, die in Fig. 7 dargestellt ist, liegt somit der Boden 32 der Saugkammer 3 auf dem gleichen Niveau wie die an ihn angrenzende Eintrittskante 41 der Auslassdüse 4. Es gibt somit keine Begrenzungsfläche der Saugkammer 3, die unterhalb (bezüglich der Darstellung in Fig. 7) der Eintrittskante 41 der Auslassdüse 4 liegt. Durch diese Ausgestaltung lässt sich die Ausbildung von Totzonen zwischen der Saugkammer 3 und der Auslassdüse 4 vermeiden oder zumindest stark reduzieren.

[0139] Wie dies in Fig. 7 zu erkennen ist, sind bei der hier beschriebenen Ausgestaltung sämtliche Begrenzungsflächen der Saugkammer 3, also insbesondere auch der Boden 32 und die Seitenwand 33 der Saugkammer 3 vom Sekundäreinlass 7 vollständig sichtbar. Es gibt also keine Hinterschneidungen oder abgedeckte Bereiche, in welchen sich Totzonen ausbilden könnten. Totzonen oder Stagnationszonen für die Strömung sind Bereiche, in denen höchstens eine sehr geringe Durchströmung herrscht, oder wo es nur zu einer sehr schwachen Durchmischung des Primärfluids mit der Sekundär-

substanz kommt.

[0140] Bei der hier beschriebenen Ausführungsform sind die Einlassdüse 2, die Saugkammer 3 und die Auslassdüse 4 als einstückige Einheit 11 ausgestaltet. Insbesondere ist es auch möglich, dass der gesamte Eduktor 10 einstückig ausgestaltet ist.

[0141] Die einstückige Einheit 11 hat eine monolithische Ausgestaltung, sie ist also nicht aus mehreren Komponenten zusammengesetzt, sondern ein einziges Stück. Folglich ist die einstückige Einheit 11 frei von Verklebungen, Verschraubungen, Schweißnähten, Dichtungen und Kontakten zwischen benachbarten Komponenten.

[0142] Die Einlassdüse 2, die Saugkammer 3 und die Auslassdüse 4 sind als Kavitäten in der einstückigen Einheit 11 ausgestaltet. Der Primäreinlass 5, der Sekundäreinlass 7 und der Auslass 6 sind jeweils als Öffnung in der einstückigen Einheit 11 ausgestaltet.

[0143] Ganz besonders bevorzugt ist die einstückige Einheit 11 als einstückiges Spritzgussteil ausgestaltet. Die einstückige Einheit 11 wird also bevorzugt mit einem Spritzgiessverfahren hergestellt.

[0144] Natürlich sind auch andere Verfahren zur Herstellung der einstückigen Einheit 11 geeignet, beispielsweise Verfahren der additiven Fertigung (additive manufacturing) wie z.B. das als 3D-Drucken bezeichnete Verfahren.

[0145] Da insbesondere die Saugkammer 3 ohne Hinterschneidungen ausgestaltet ist und weder die Einlassdüse 2 noch die Auslassdüse 4 in die Saugkammer hineinreichen, kann die einstückige Einheit 11 so ausgestaltet werden, dass sie entformbar ist.

[0146] Somit kann die einstückige Einheit 11 in einfacher Weise in einem Spritzgiessverfahren hergestellt werden. Es ist nur ein einziger Spritzgiessprozess notwendig, um die einstückige Einheit herzustellen.

[0147] Insbesondere aber nicht nur im Hinblick auf Anwendungen in der biotechnologischen und in der pharmazeutischen Industrie weist der Eduktor 10 vorzugsweise eine hygienische Ausgestaltung auf. Mit einer hygienischen Ausgestaltung ist ein Design gemeint, bei welchem Totzonen so weit wie möglich vermieden werden. Zudem sollen Materialablagerungen an den inneren Wandungen bzw. an den inneren Oberflächen der einstückigen Einheit 11, welche die Saugkammer 3, die Einlassdüse 2 und die Auslassdüse 4 begrenzen, weitestgehend vermieden oder zumindest minimiert werden.

[0148] Im Hinblick auf diese hygienische Ausgestaltung werden die folgenden Massnahmen zur Ausgestaltung des Eduktors 10 bevorzugt:

Die Saugkammer 3 weist keine Begrenzungsfläche auf, die unterhalb (bezüglich der Darstellung in Fig. 7) der darstellungsgemäss unteren Eintrittskante 41 der Auslassdüse 4 liegt.

[0149] Alle Flächen, welche die Saugkammer 3 begrenzen, sind von dem Sekundäreinlass 7 aus gesehen sichtbar.

[0150] Alle inneren Oberflächen der einstückigen Ein-

heit 11, welche die Einlassdüse 2, die Saugkammer 3 und die Auslassdüse 4 begrenzen, sind mit einem Mittenrauigkeitswert von höchstens 0.8 Mikrometer, vorzugsweise höchstens 0.4 Mikrometer und speziell bevorzugt höchstens 0.2 Mikrometer ausgestaltet.

[0151] Im Inneren der einstückigen Einheit 11 werden scharfe Kanten so weit wie möglich vermieden.

[0152] Im Hinblick auf die Integration des Eduktors 10 in das Mischsystem 1, kann es vorteilhaft sein, wenn der Eduktor 1 einen oder mehrere Sensoren zur Prozessüberwachung aufweist. Insbesondere kann der Eduktor 10 den Sensor 91 zur Ermittlung der Saugleistung des Eduktors 10 umfassen. Der Sensor 91 ist vorzugsweise als Drucksensor ausgestaltet, um die Saugleistung des Eduktors 10 zu ermitteln.

[0153] Bezugnehmend auf die Fig. 8 bis Fig. 10 werden in nicht abschliessender Aufzählung einige Möglichkeiten erläutert, an oder in dem Eduktor 10 mindestens einen Drucksensor 91 oder einen anderen Sensor 91 vorzusehen. Abgesehen von den Sensoren 91 entsprechen die Darstellungen in den Fig. 8 bis Fig. 10 jeweils der Darstellung in Fig. 7.

[0154] Fig. 8 zeigt vier Platzierungen für den Drucksensor 91, an denen der mindestens eine Drucksensor 91 platziert werden kann, um im Betriebszustand die Saugleistung des Eduktors 10 zu ermitteln. Es versteht sich, dass auch mehr als ein Drucksensor 91 vorgesehen sein kann, oder dass ausser einem Drucksensor auch andere Sensoren 91 vorgesehen sein können. Es reicht üblicherweise aus, wenn mindestens ein Drucksensor 91 vorgesehen ist. Die Darstellung der Drucksensoren 91 ist als schematisch zu verstehen, denn der/die Drucksensor(en) 91 ist/sind vorzugsweise so ausgestaltet und angeordnet, dass er/sie nicht oder zumindest nicht wesentlich in den Innenraum der einstückigen Einheit 11 hineinreichen. Die Drucksensoren 91 können beispielsweise bei dem Spritzgiessprozess, mit welchem die einstückige Einheit 11 hergestellt wird, an der jeweiligen Stelle eingespritzt werden (siehe z.B. Fig. 9), sodass sie nicht in den Innenraum der einstückigen Einheit 11 hineinreichen, sondern beispielsweise bündig mit der jeweiligen inneren Oberfläche angeordnet sind.

[0155] Wie in Fig. 8 angedeutet, kann der Drucksensor 91 in oder an der Seitenwand 33 angeordnet sein, in welcher die Einlassdüse 2 endet. Der Drucksensor 91 ist dann vorzugsweise bezüglich der Umfangsrichtung der Saugkammer 3 beabstandet zu der Austrittsfläche 21 der Einlassdüse 2 angeordnet, beispielsweise auf der gleichen Höhe aber um etwa 90° bezüglich der Umfangsrichtung versetzt zu der Austrittsfläche 21.

[0156] Ferner ist es möglich, dass der Drucksensor 91 in oder an der Saugkammer 3 und benachbart zum Sekundäreinlass 7 angeordnet ist, genauer gesagt im oder am Einlaufbereich 31 der Saugkammer 3.

[0157] Der Drucksensor 91 kann ferner in oder an der Eintrittskante 41 der Auslassdüse 4 angeordnet sein, vorzugsweise in oder an der Abrundung 411.

[0158] Eine weitere bevorzugte Platzierung ist es,

dass der Drucksensor 91 in oder an der Auslassdüse 4 angeordnet ist, vorzugsweise im Mischabschnitt 43, bzw. in dem Bereich, in welchem die Auslassdüse 4 ihre kleinste Querschnittsfläche aufweist.

[0159] Fig. 9 zeigt eine Variante, bei welcher der Drucksensor 91 in den Boden 32 der Saugkammer 3 eingespritzt ist. Der Drucksensor 91 kann beispielsweise ein kommerziell erhältlicher Single-Use Drucksensor 91 sein, welcher bei der Herstellung der einstückigen Einheit 11 eingespritzt wird. Über die Signalleitung 99 können die Messwerte des Drucksensors 91 an die Kontrolleinheit 70 (in Fig. 9 nicht dargestellt) übermittelt werden.

[0160] Fig. 10 zeigt eine Variante, bei welcher der Eduktor 10 einen Anschluss 9 aufweist, welcher zur Aufnahme eines Drucksensors 91 (in Fig. 10 nicht dargestellt) ausgestaltet ist. Der Anschluss 9 ist dabei derart ausgestaltet, dass er mit dem Druck welcher im Eduktor 1 herrscht, beaufschlagt ist. Vorzugsweise ist der Anschluss 9 an der Auslassdüse 4 vorgesehen, beispielsweise im Mischabschnitt 43 der Auslassdüse 4. Der Anschluss 9 ist so ausgestaltet, dass er einen externen Drucksensor aufnehmen bzw. mit einem solchen verbunden werden kann. Der externe Drucksensor 91 kann beispielsweise ein kommerziell erhältlicher Drucksensor 91 mit Luer Lock Anschluss sein, wobei der Anschluss 9 über den Luer Lock mit dem externen Drucksensor 91 verbunden wird.

[0161] Weitere Varianten für die Verbindung des Drucksensors 91 mit dem Eduktor 10 sind beispielsweise die Ausgestaltung als Tri-Clamp oder Barb-Anschluss.

[0162] Selbstverständlich kann der externe Sensor auch als Single-Use Sensor ausgestaltet sein.

[0163] Ferner ist es möglich, dass der Eduktor 10 eine integrierte Membran aufweist, die derart angeordnet und ausgestaltet ist, dass sie mit dem im Eduktor 10 herrschenden Druck beaufschlagt wird. Diese integrierte Membran wirkt dann mit einem externen Drucksensor zur Bestimmung des Drucks zusammen. Hierfür geeignet sind beispielsweise kommerziell erhältliche Single-Use In-Line Membrane zur Verbindung mit Drucksensoren.

[0164] Ferner ist es möglich, in oder hinter der Auslassdüse 4 einen Inline Sensor 91 vorzusehen, mit welchem der Druck ermittelbar ist. Diesbezüglich zeigt Fig. 11 eine Ansicht einer dritten Ausführungsform eines Eduktors 10 mit einem Inline Sensor 91.

[0165] Der Inline Drucksensor 91 kann beispielsweise mit einem Tri-Clamp Anschluss ausgestaltet sein. Der Drucksensor 91 kann dann zwischen dem konvergierenden Abschnitt 42 der Auslassdüse 4 und dem divergierenden Abschnitt 44 der Auslassdüse 4 des Eduktors 10 angeordnet werden, sodass der Drucksensor 91 von dem Mischfluid durchströmt wird.

[0166] Der Sensor 91 kann auch ein anderer Sensor 91 als ein Drucksensor 91 sein. Es sind weitere Varianten für Sensoren 91 möglich, die beispielsweise im oder am Eduktor 10 vorgesehen sein können. Für die Bestimmung der Saugleistung des Eduktors 10, mit welcher die

Sekundärsubstanz durch den Sekundäreinlass 7 angesaugt wird, und/oder zur Detektion eines Überlaufens des Eduktors 10 bzw. zur Detektion eines Leckagestroms, welcher durch den Sekundäreinlass 7 aus dem Eduktor 10 austritt, kann beispielsweise ein Durchflusssensor oder ein Füllstandssensor (Levelsensor) oder ein Sensor zur Leitfähigkeitsmessung vorgesehen sein. Diese Sensoren sind vorzugsweise benachbart zum Sekundäreinlass 7 angeordnet, beispielsweise im oder am Einlaufbereich 31 der Saugkammer 3. Als Durchflusssensor ist beispielsweise ein Ultraschallsensor oder ein Massenstromsensor geeignet.

15 Patentansprüche

1. Mischsystem mit einem Eduktor (10) zum Mischen eines Primärfluids mit einer fließfähigen Sekundärsubstanz, mit einer Zuführverbindung (50), welche mit einem Reservoir (20) für das Primärfluid verbindbar ist, mit einer Abführverbindung (90) zum Abführen eines Mischfluids, mit einem Vorratsbehälter (80) für die Sekundärsubstanz, mit einer Zentrifugalpumpe (40) zum Fördern des Primärfluids durch die Zuführverbindung (50), und mit einer Kontrolleinheit (70) zur Ansteuerung der Zentrifugalpumpe (40), wobei der Eduktor (10) einen Primäreinlass (5) für das Primärfluid, einen Sekundäreinlass (7) für die Sekundärsubstanz, einen Auslass (6) für das Mischfluid und eine Saugkammer (3) zum Ansaugen der Sekundärsubstanz umfasst, wobei der Primäreinlass (5) mit der Zuführverbindung (50) verbunden ist, sodass das Primärfluid aus dem Reservoir (20) in den Eduktor (10) strömen kann, wobei der Auslass (6) mit der Abführverbindung (90) verbunden ist, sodass das Mischfluid aus dem Eduktor (10) abführbar ist, wobei der Sekundäreinlass (7) an der Saugkammer (3) vorgesehen und mit dem Vorratsbehälter (80) verbunden ist, wobei zwischen der Saugkammer (3) und dem Vorratsbehälter (80) eine Schliesseinrichtung (60) mit einer Offenstellung und einer Schliessstellung vorgesehen ist, wobei die Sekundärsubstanz vom Vorratsbehälter (80) in die Saugkammer (3) strömen kann, wenn die Schliesseinrichtung (60) in der Offenstellung ist, und die Schliesseinrichtung (60) in der Schliessstellung ein Strömen der Sekundärsubstanz aus dem Vorratsbehälter (80) in die Saugkammer (3) verhindert, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sensor (91) vorgesehen ist, mit welchem eine Saugleistung des Eduktors (10) ermittelbar ist, wobei der Sensor (91) mit der Kontrolleinheit (70) signalverbunden ist, und wobei die Kontrolleinheit (70) zum Ansteuern der Zentrifugalpumpe (40) in Abhängigkeit der ermittelten Saugleistung ausgestaltet ist.
2. Mischsystem nach Anspruch 1, wobei die Zuführverbindung (50) mit dem Reservoir (20) für das Primär-

- fluid verbunden ist, und wobei die Abführverbindung (90) mit dem Reservoir (20) verbunden ist, sodass das Mischfluid vom Auslass (6) des Eduktors (10) in das Reservoir (20) zurückführbar ist.
3. Mischsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei in der Abführverbindung (90) ein erstes Absperrventil (902) vorgesehen ist.
4. Mischsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei in der Zuführverbindung (50) zwischen der Zentrifugalpumpe (40) und dem Primäreinlass (5) des Eduktors (10) ein zweites Absperrventil (503) vorgesehen ist.
5. Mischsystem nach einem der Ansprüche 3-4, wobei jedes Absperrventil (902, 503) als ansteuerbares Absperrventil ausgestaltet ist, welches von der Kontrolleinheit (70) ansteuerbar ist.
6. Mischsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Schliesseinrichtung (60) für eine Ansteuerung durch die Kontrolleinheit (70) ausgestaltet ist, und wobei die Kontrolleinheit (70) für eine automatische Betätigung der Schliesseinrichtung (60) ausgestaltet ist.
7. Mischsystem nach einem der Ansprüche 5 oder 6, wobei die Kontrolleinheit (70) derart ausgestaltet ist, dass sie die Zuführverbindung (50) schliesst und/oder die Abführverbindung (90) schliesst, und/oder die Schliesseinrichtung (60) in die Schliesstellung bringt, falls die Saugleistung unter einen Schwellenwert abfällt.
8. Mischsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem der Sensor (91) als Drucksensor (91) ausgestaltet ist.
9. Mischsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zwischen dem Sekundäreinlass (7) des Eduktors und der Schliesseinrichtung (60) ein Zusatzreservoir (76) für die Aufnahme eines aus der Abführverbindung (90) rückströmenden Fluids vorgesehen ist.
10. Mischsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Zentrifugalpumpe (40) eine Pumpeneinheit (400) mit einem Pumpengehäuse (460) umfasst, in welchem ein Rotor (300) zum Fördern des Primärfluids vorgesehen ist, sowie einen Stator (200), der mit dem Rotor (300) einen elektromagnetischen Drehantrieb (100) bildet, wobei der Rotor (300) berührungslos magnetisch antreibbar und berührungslos magnetisch bezüglich des Stators (200) lagerbar ist, und wobei die Pumpeneinheit (400) derart ausgestaltet ist, dass die Pumpeneinheit (400) in den Stator (200) einsetzbar ist.
11. Satz von Einmalteilen für ein Mischsystem nach Anspruch 10, welcher zumindest die folgenden Komponenten umfasst, die jeweils als Einmalteile ausgestaltet sind:
- den Eduktor (10)
 - optional den Vorratsbehälter (80) für die Sekundärsubstanz
 - die Pumpeneinheit (400) für die Zentrifugalpumpe (40)
 - die Schliesseinrichtung (60)
 - eine Mehrzahl von Schläuchen, welche zum Realisieren der Zuführverbindung (50) und der Abführverbindung (90) ausgestaltet ist,
 - und optional das Reservoir (20) für das Primärfluid.
12. Verfahren zum Mischen eines Primärfluids mit einer fließfähigen Sekundärsubstanz, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
- ein Mischsystem (1), das nach einem der Ansprüche 1-10 ausgestaltet ist, wird bereitgestellt,
 - die Schliesseinrichtung (60) wird in die Schliesstellung gebracht,
 - das Primärfluid wird mittels der Zentrifugalpumpe (40) durch den Eduktor (10) hindurch gefördert,
 - die Saugleistung des Eduktors (10) wird mittels des Sensors (91) und der Kontrolleinheit (70) ermittelt,
 - die Schliesseinrichtung (60) wird in die Offenstellung gebracht, wenn die Saugleistung größer ist als ein vorgegebener Grenzwert.
13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die Zuführverbindung (50) und/oder die Abführverbindung (90) geschlossen werden, falls die Saugleistung unter einen Schwellenwert abfällt.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12-13, wobei die Schliesseinrichtung (60) in die Schliesstellung gebracht wird, falls die Saugleistung unter einen Schwellenwert abfällt.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12-14, bei welchem zur Ermittlung der Saugleistung der Druck in der Saugkammer (3) bestimmt wird.

Fig.3

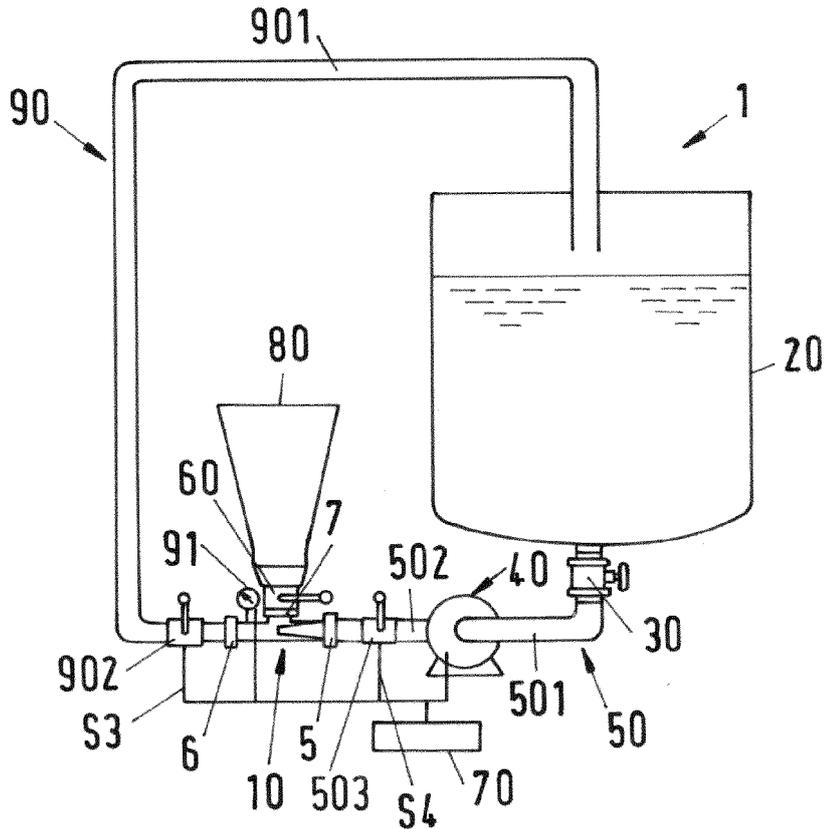


Fig.4

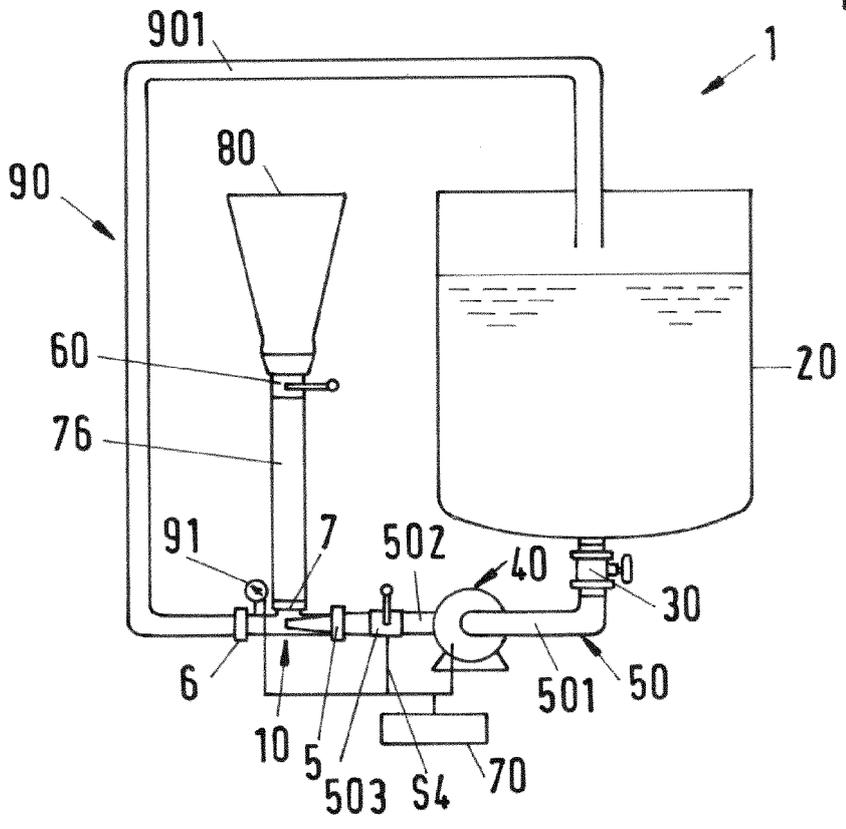


Fig.5

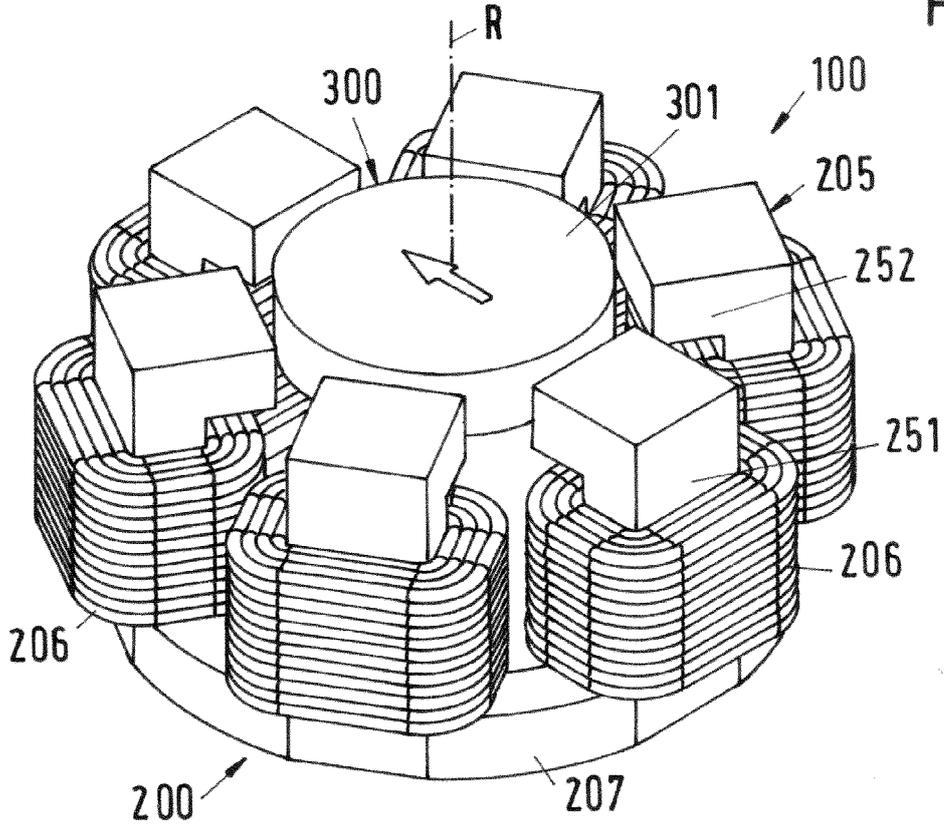


Fig.6

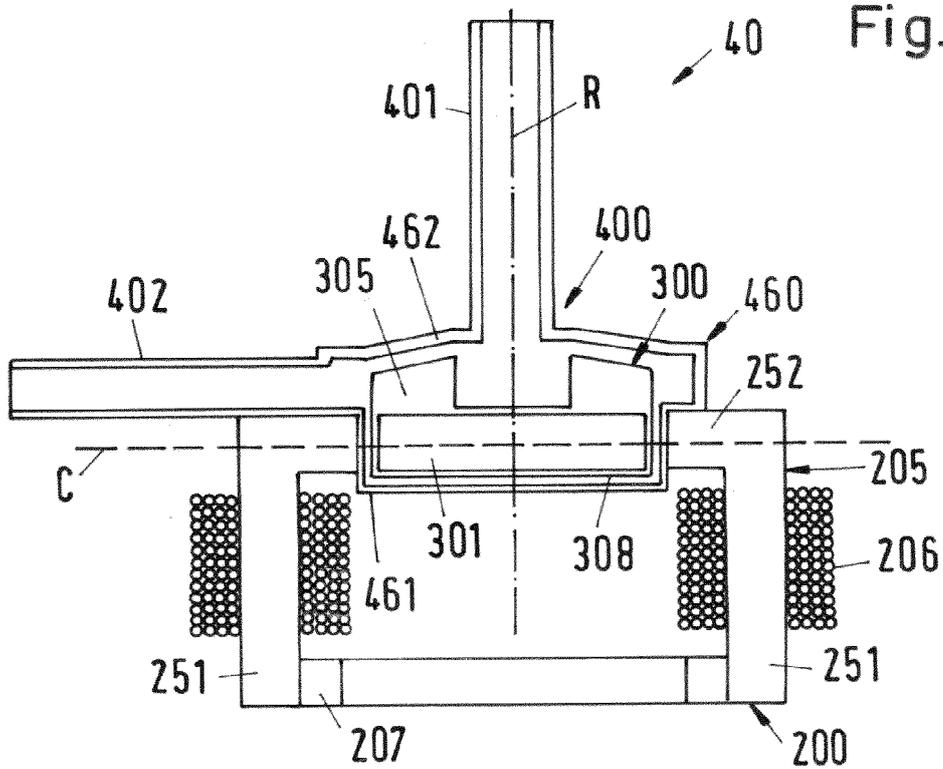


Fig.7

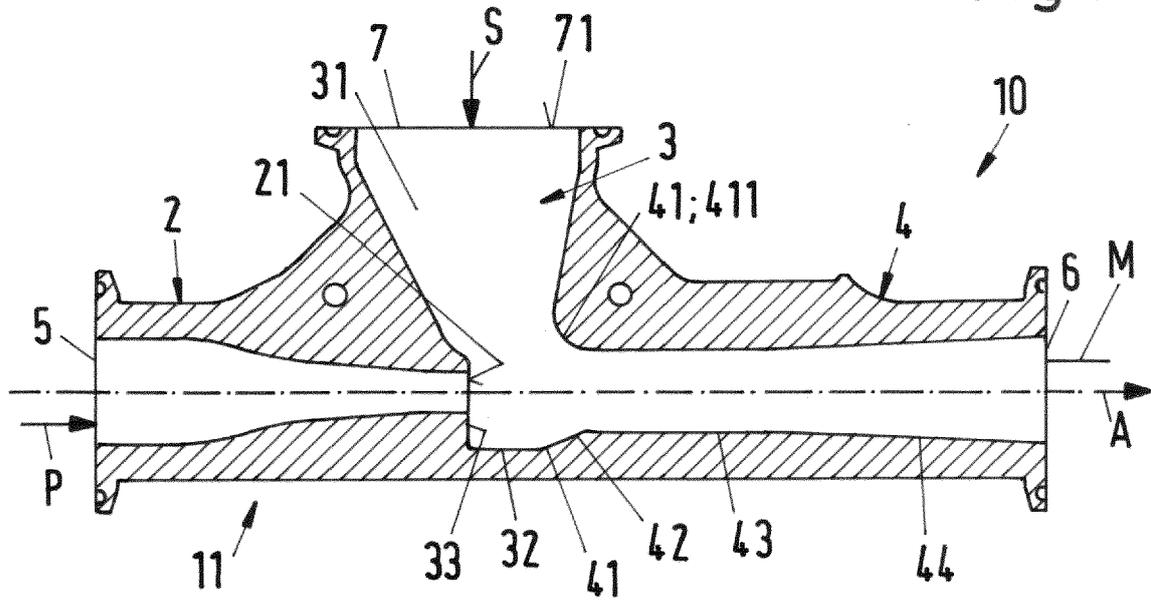


Fig.8

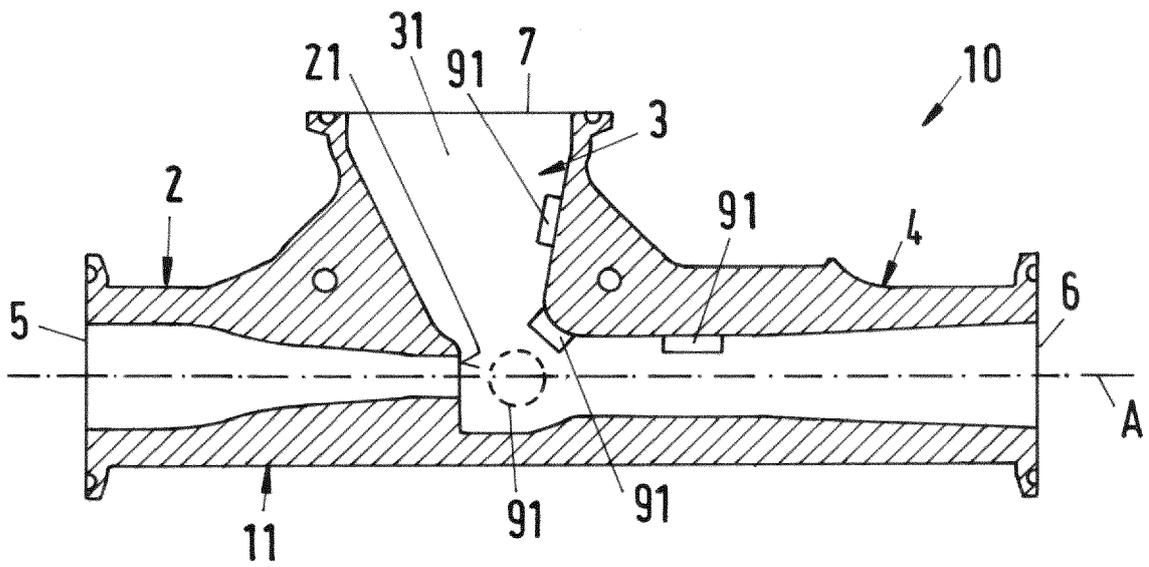


Fig.9

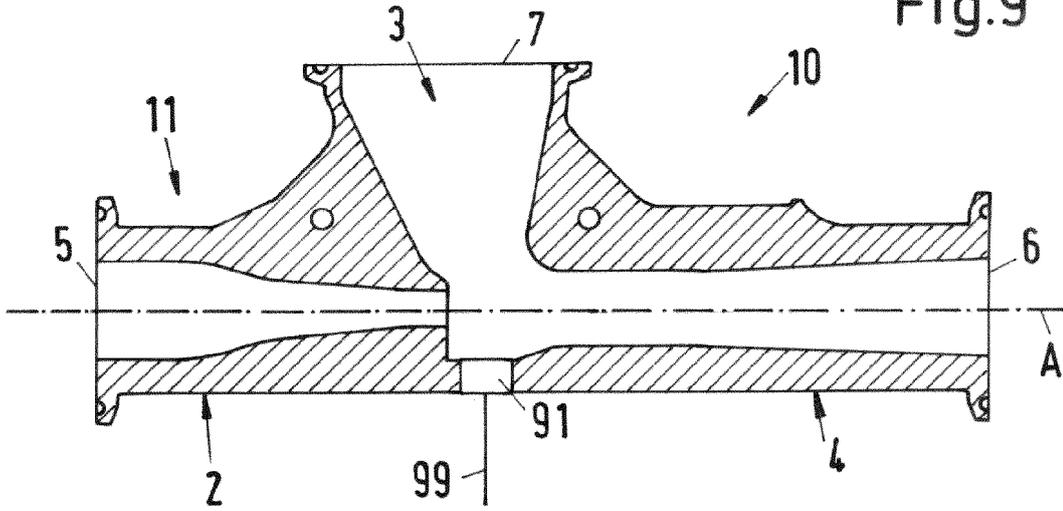


Fig.10

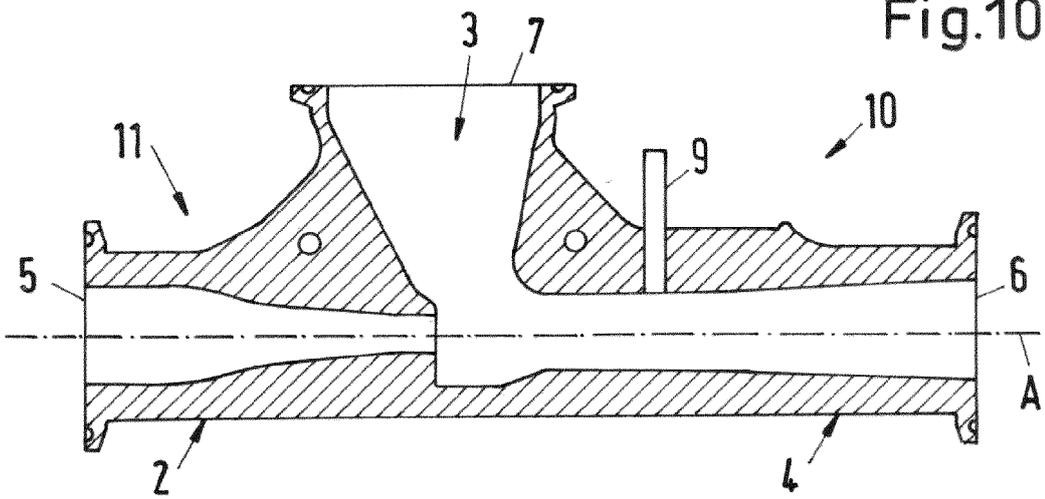
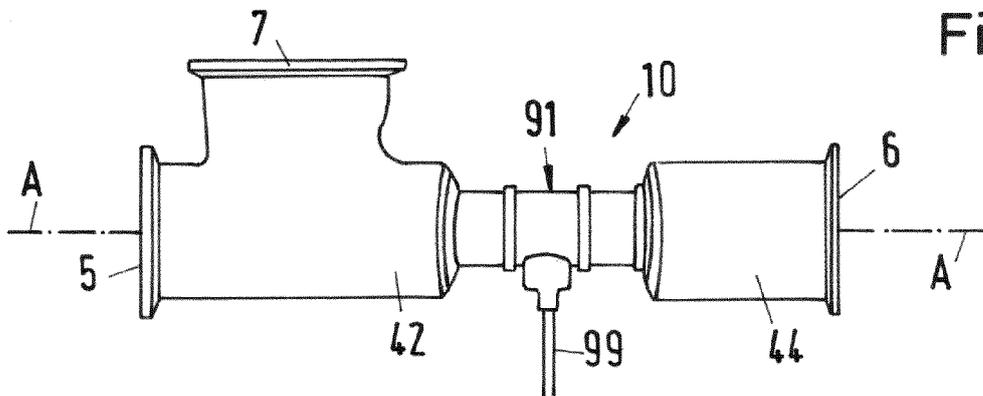


Fig.11



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

- EP 1132108 A [0080]