



(10) **DE 10 2016 012 373 A1** 2017.06.01

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 012 373.7**

(22) Anmeldetag: **15.10.2016**

(43) Offenlegungstag: **01.06.2017**

(51) Int Cl.: **C12M 1/42 (2006.01)**

C12M 1/107 (2006.01)

C02F 11/00 (2006.01)

C02F 1/34 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2015 015 326.9 27.11.2015

10 2015 016 223.3 16.12.2015

10 2016 005 614.2 06.05.2016

(74) Vertreter:

**Winter Lewandowsky GbR Patentanwälte, 71364
Winnenden, DE**

(71) Anmelder:

**Bühner, Kurt, 73635 Rudersberg, DE; Eiche,
Daniel, 78262 Gailingen, DE**

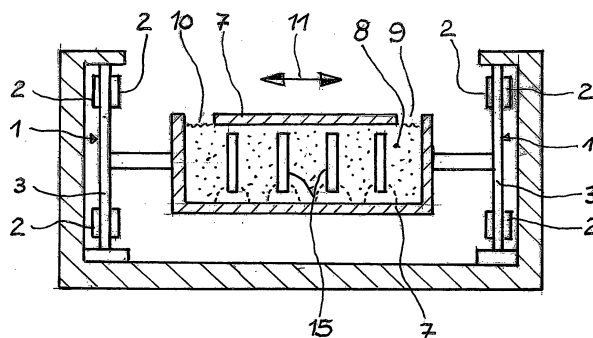
(72) Erfinder:

gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Aufschluss von biologischem Material**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Aufschluss von biologischem Material, aufweisend mindestens einen Behandlungsraum zur Aufnahme einer das biologische Material enthaltenden Dispersion, mindestens ein Schwingssystem mit einer definierten Resonanzfrequenz sowie mit ein- oder mehrdimensionaler Schwingrichtung, welches den mindestens einen Behandlungsraum in Schwingung versetzt sowie mindestens eine Steuereinheit, welche die Schwingfrequenz des Schwingensystem steuert und auf seine definierte Resonanzfrequenz abstimmt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Aufschluss von biologischem Material.

[0002] Insbesondere zur Gewinnung von Energie aus regenerativen Rohstoffen ist es bekannt, biologisches Material wie Holz, Stroh und dergleichen einem Zersetzungsprozess zu unterwerfen. Hierfür werden in der Regel Mikroorganismen oder Enzyme eingesetzt. Dieser Prozess ist langwierig und führt häufig nicht zu befriedigenden Ergebnissen.

[0003] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, eine Vorrichtung zum Aufschluss von biologischem Material bereitzustellen, mit der auf einfache Weise ein weitgehender Aufschluss des biologischen Materials möglich ist.

[0004] Die Lösung besteht darin, dass die Vorrichtung mindestens einen Behandlungsraum zur Aufnahme einer das biologische Material enthaltenden Dispersion, mindestens ein Schwingssystem mit einer definierten Resonanzfrequenz sowie mit ein- oder mehrdimensionaler Schwingrichtung, welches den mindestens einen Behandlungsraum in Schwingung versetzt sowie mindestens eine Steuereinheit, welche die Schwingfrequenz des mindestens einen Schwingssystems steuert und auf die Resonanzfrequenz des mindestens einen Schwingssystems abstimmt, aufweist.

[0005] Die erfindungsgemäße Vorrichtung besteht grundsätzlich aus mindestens einem Behandlungsraum zur Aufnahme der das biologische Material enthaltenden Dispersion, mindestens einem Schwingssystem mit ein- oder mehrdimensionaler Schwingrichtung, welches den Behandlungsraum in Schwingung versetzt und mindestens einer Steuereinheit, welche die Schwingfrequenz des Schwingssystems steuert und auf die Resonanzfrequenz des Schwingssystems abstimmt.

[0006] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass in einer biologisches Material enthaltenden Dispersion mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung durch mechanische Schwingungen im Dispergiermittel (dem Flüssiganteil der Dispersion) Kavitation erzeugt wird, wodurch wiederum das biologische Material durch die Kavitationswirkung beeinflusst und damit aufgeschlossen wird. Die Kavitationsbläschen bewirken, dass die Feststoffstrukturen des in der Dispersion vorhandenen biologischen Materials zerreißen.

[0007] Die Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, dass die in Pflanzen vorkommenden Inhaltsstoffe, insbesondere Lignin, Zellulose und Hemizellulose, die einen wesentlichen Anteil an der zur Verfügung stehenden Energie in einer Pflanze ausmachen, durch die Wirkung der Kavitation teilweise freigelegt oder vollständig getrennt werden und somit besser durch nachfolgende Prozesse aufgeschlossen werden können. Das derart zerkleinerte biologische Material ist abbauenden Mikroorganismen, insbesondere Bakterien, leichter zugänglich als das Ausgangsmaterial, so dass eine Fermentation rascher und vollständiger vonstatten gehen kann. Dieser Effekt ist besonders vorteilhaft beim Einsatz der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Gewinnung von Biogas oder allgemein Biokraftstoffen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann auch zur schonenden Gewinnung von pflanzlichen Rohstoffen (in Form der Spaltprodukte der Inhaltsstoffe des biologischen Materials) für Lebensmittel und Pharmazeutika verwendet werden, zumal keine Laugen- oder Säurezusätze erforderlich sind und die Arbeitstemperatur der erfindungsgemäßen Vorrichtung im mesophilen Temperaturbereich (etwa zwischen 20°C und 50°C) liegt.

[0008] Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0009] Der Behandlungsraum dient zur Aufnahme der Dispersion. In ihm findet die eigentliche Bearbeitungswirkung statt. Der Behandlungsraum ist an das mindestens eine Schwingssystem gekoppelt und wird durch die Hauptschwingbewegung und optional durch unterstützende Schwingbewegungen in Schwingung versetzt.

[0010] Grundsätzlich ist auch ein Behandlungsraum möglich, bei dem die Kavitationswirkung lediglich durch unterschiedliche Geschwindigkeiten der Gehäusewandung und der Dispersion entsteht. Eine Ausführung eines solchen Behandlungsraumes erhält man beispielsweise dadurch, dass ein rohrförmiger gerader Behandlungsbehälter in axialer Richtung schwingt oder dadurch, dass ein ringförmiges Rohr in einer Drehschwingung radial zum Ring schwingt. Grundsätzlich ist es auch denkbar, dass in einem statischen, nicht schwingendem Behandlungsbehälter eine Scheibe in eine radiale Drehschwingung gebracht wird, wobei die Scheibe von der Dispersion umgeben ist.

[0011] Der Behandlungsraum kann ein Behälter mit einer Einfüllöffnung sein, um beispielsweise eine Dispersion batchweise zu bearbeiten. Es ist aber auch denkbar, dass der Behandlungsraum zumindest eine Eintritts- und zumindest eine Austrittsöffnung hat, womit ein durchlaufender bzw. kontinuierlicher Betrieb möglich ist.

[0012] Vorzugsweise besitzt der Behandlungsraum eine Form, bei der der Querschnitt des Raumes, gemessen quer zu einer Hauptschwingbewegung, zumindest an einer Stelle verengt ist. Als Verengung wird das Verhältnis von maximalem Querschnitt zu engstem Querschnitt im Behandlungsraum innerhalb des Füllstandes der Dispersion bezeichnet. Die mindestens eine Verengung ist größer als 10% der Querschnittsfläche, vorzugsweise größer als 50%. Es können eine oder mehrere solche Verengungen innerhalb eines Behandlungsraumes vorhanden sein. Das Material bzw. der Werkstoff der Verengungen ist sehr formstabil, um eine optimale Schwingungsübertragung zu erreichen. Die mindestens eine Verengung ist vorzugsweise so ausgebildet, dass mindestens eine Durchgangsöffnung an der Unterseite vorgesehen ist, um die sich absetzenden Feststoffe in der Dispersion zu erreichen. Im Weiteren kann die Verengung an ihrer Oberseite mindestens eine kleinere Durchgangsöffnung aufweisen, damit sich bildende Gase entweichen können. Die Querschnittsfläche der Durchgangsöffnung an der Oberseite ist mindestens um Faktor 3 oder besser Faktor 10 kleiner als die der mindestens einen Durchgangsöffnung an der Unterseite. Die Durchgangsöffnung an der Oberseite wird insbesondere dann benötigt, wenn die Richtung der Hauptschwingung eine maximale Abweichung von 30° zur Horizontalen aufweist.

[0013] Grundsätzlich ist es auch denkbar, dass der Behandlungsraum durch eine Vakuumpumpe evakuiert wird. Das Vakuum beträgt bis 100 mbar, besser 200 mbar Unterdruck.

[0014] Im Weiteren ist es auch denkbar, dass der Behandlungsraum temperiert wird, idealerweise auf Temperaturen zwischen 20°C und 80°C, bevorzugt 20°C bis 50°C. Der Behandlungsraum kann mit Vorrichtungen zur Kühlung der Dispersion ausgestattet sein. Denkbar sind hier Kühlrippen am Behandlungsbehälter oder eine Kühlung außerhalb des Schwingensystems, zum Beispiel in einem Kreislauf mit Zirkulationspumpe.

[0015] Das Schwingensystem bringt den Behandlungsraum in Schwingung und erzeugt dadurch in der Dispersion Kavitation. Im Weiteren ist es denkbar, dass Schwingungen zur Unterstützung des Prozesses zum Beispiel zur Durchmischung und/oder Transport der Dispersion eingesetzt werden.

[0016] Das Schwingensystem besteht grundsätzlich aus einer Einheit, die Schwingungen erzeugt, einer abstützenden Masse bzw. einem abstützenden Reaktionsmoment, einer federnden Einheit und einer Wirkmasse, bestehend insbesondere aus dem Behandlungsraum und der Dispersion.

[0017] Die Erzeugung der Schwingungen, um sowohl Kavitation zu erzeugen als auch ggf. Hilfsbewegungen durchzuführen, kann durch piezokeramische Federelemente (PKF), durch Linearmagnete bzw. magnetische Schwinger, durch Kurbeltriebe oder durch Drehbewegungen mit Unwucht erfolgen.

[0018] Bevorzugt werden die Schwingungen durch Kombination von Schwingungserzeuger, Massen und Federelementen erzeugt. Der ideale Betriebspunkt des Schwingensystems befindet sich im Bereich von plus/minus 10 Hz (1/sec) um die Resonanzfrequenz des Schwingensystems herum. Das Schwingensystem wird bevorzugt im Bereich von 0 Hz bis 10 Hz (1/sec) über der Resonanzfrequenz betrieben, besser im Bereich von 0 bis 5 Hz (1/sec). Durch die Wahl eines Arbeitspunktes oberhalb der Resonanzfrequenz ist das System robuster gegenüber Beladungsschwankungen.

[0019] Das Schwingensystem kann so ausgestaltet sein, dass als resultierende Bewegung eine eindimensionale Bewegung entsteht. Die Ausgestaltung kann in Form eines linearen Schwingers erfolgen, wobei ein Schwingungserzeuger, ein Federelement und eine Wirkmasse sich in der gleichen Richtung bewegen. Das Schwingensystem kann aber auch so ausgestaltet sein, dass eine Rotationsbewegung entsteht, d. h. bei dem die Wirkmasse eine Rotationsbewegung ausführt.

[0020] Besonders bevorzugt ist das Schwingensystem so ausgestaltet, dass eine Torsionsbewegung entsteht, d. h. bei dem die Wirkmasse eine Torsionsbewegung ausführt.

[0021] Es ist aber auch denkbar, mehrere Schwingachsen zu kombinieren, so dass resultierend eine zwei- oder dreidimensionale Schwingbewegung entsteht.

[0022] Im Schwingensystem sind die Verhältnisse der bewegten Massen zueinander ein wichtiges Kriterium. Einerseits wird eine abstützende Masse zur Erzeugung eines Massenträgheitsmoments oder Reaktionsmas-

senträgheitsmoments bei Drehschwingung (Drehmoment) benötigt, andererseits wird die Schwingung an die Wirkmasse, bestehend insbesondere aus dem Behandlungsraum und der Dispersion, abgegeben. Die abstützende Masse ist immer größer als die Wirkmasse, das Verhältnis der abstützenden Masse zu der Wirkmasse im Schwingensystem ist größer als Faktor 2, besser größer als Faktor 3 und ideal größer als Faktor 5. Bei Rotationsschwingern gelten die gleichen Proportionen bezogen auf das Reaktionsmassenträgheitsmoment.

[0023] Bei rotierenden Schwingensystemen ist der mittlere Abstand der Wirkmasse (des Behandlungsbehälters) zum Drehpunkt des Schwingers um den Faktor 1,1 bis 3 größer als der mittlere Abstand der Krafteinleitung des Schwingensystems zum Drehpunkt des Schwingers.

[0024] Bei der Ausgestaltung einer Schwingachse als Torsionsschwinger ist es denkbar, die Hauptschwingbewegung in ihrer Amplitude dadurch zu verstärken, dass der Behandlungsraum nicht direkt in der Wirkungsrichtung des Schwingers angebracht ist, sondern über einen Hebel, Balken oder eine Scheibe einen größeren Achsabstand zum Drehpunkt erhält.

[0025] Wenn das Schwingensystem aus mehr als einer Schwingachse besteht, ist es vorteilhaft, wenn die einzelnen Schwingungen bzw. die einzelnen Schwingachsen synchronisiert werden (Schwingungsvektoraddition). Die Eigenfrequenzen sollten dabei zueinander ähnlich sein. Das Verhältnis der Eigenfrequenzen der einzelnen Schwingachsen zueinander kann 2:1, 1:1, oder 1:2 betragen, die mögliche Abweichung ist dabei kleiner als 10 Hz (1/sec) besser 3 Hz (1/sec). Eine geringe Abweichung bis 10 Hz (1/sec) ist ggf. gewünscht, um gezielt Interferenzen zu erzeugen.

[0026] Die federnde Einheit besteht aus einer oder mehreren parallel geschalteten Federelementen. Bevorzugt werden Blattfedern, insbesondere beidseitig eingespannte Blattfedern. Das Material der Feder/Federn kann aus Stahl, aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) oder aus kohlefaserverstärktem Kunststoff (CFK) sein. Grundsätzlich können die Federn auch mit einem Antrieb gekoppelt sein, z. B. bei piezokeramischen Federelementen (siehe unten).

[0027] Besonders bevorzugt werden piezokeramische Federelemente zur Schwingungserzeugung verwendet. Bei einem piezokeramischen Federelement (PKF) handelt es sich um einen elektromechanischen Wandler, wie er unter anderem schon in den deutschen Patenten DE 10 2006 048 307 B4 und DE 102 45 722 B4 beschrieben ist. Es besteht im Wesentlichen aus einem plattenförmigen, als Blattfeder wirkenden Träger sowie darauf angebrachten piezoelektrischen Platten (PK-Platten). Als piezoelektrisches Material wird im Allgemeinen ein keramisches Material in Plattenform verwendet, dies ist aber nicht zwingend notwendig.

[0028] Gegenüber den aus GFK bestehenden Trägern haben die aus CFK bestehenden Träger einen höheren E-Modul, wobei die Abnahme des E-Moduls bei Temperaturerhöhung bei CFK geringer ist und außerdem der E-Modul bei Rückkehr zur ursprünglichen Temperatur wieder derselbe ist. Es kommt hinzu, dass die Arbeitstemperatur, d. h. die Temperatur, auf die das Trägermaterial erhitzt werden kann, ohne dass der Kunststoff weich wird und dadurch seine Elastizität verliert, bei dem aus CFK bestehenden Träger kleiner als 150°C ist, während bei dem aus GFK bestehenden Träger die Arbeitstemperatur bei weniger als 80°C liegt. Gegenüber den aus GFK bestehenden Trägern lassen sich bei aus CFK bestehenden Trägern höhere Rückstellkräfte bei gleichzeitig sehr hoher Festigkeit aufbauen. Das Federelement kann in der Ausgestaltung als Doppelfeder, wobei die Trägerplatte eine Dicke von etwa 4 bis etwa 8 mm, einer Länge von etwa 100 bis etwa 220 mm und einer Breite von etwa 60 bis etwa 110 mm hat, eine Rückstellkraft von mehr als 2700 N aufbauen, ohne dass es reißt. Wegen des höheren E-Moduls lassen sich außerdem Federelemente mit Trägern aus CFK bei höheren Frequenzen betreiben, als Federelemente mit einem Träger aus GFK. Die aus CFK bestehenden Träger haben eine sehr gute Wärmeleitfähigkeit. Deshalb wird im Betrieb ihre Temperatur nur wenig erhöht, so dass auch aus diesem Grund sichergestellt ist, dass sich ihre elastischen Eigenschaften im Betrieb nur wenig ändern. Hinzu kommt, dass bei Verwendung eines Trägers aus CFK zur Erreichung einer gleich hohen Federkonstante wie bei Verwendung eines Trägers aus GFK unter sonst gleichen Bedingungen der Träger dünner gestaltet werden kann, wodurch die innere Reibung und damit auch die Dämpfung geringer ist. Entsprechend ist die erzeugte Wärme geringer, d. h. zusammen mit der guten Wärmeableitung ist sichergestellt (geringe Verlustleistung), dass sich ein Federelement mit einem Träger aus CFK wesentlich weniger erwärmt als ein solcher aus GFK, mit allen hiermit verbundenen Vorteilen, insbesondere dem, dass die Federelemente bei höheren Frequenzen betrieben werden können als die mit Trägern aus GFK. Zusätzlich wirkt eine Erniedrigung der Dämpfung auch beschleunigungserhöhend.

[0029] Zusammenfassend lässt sich insbesondere sagen, dass nach Aufwärmen und Abkühlen wieder derselbe E-Modul erreicht wird und mit zunehmender Dicke des Trägers die Dämpfung des Schwingvorgangs

zunimmt. Ein Träger aus CFK bei gleichem E-Modul beziehungsweise bei gleicher Federkonstante und sonst gleichen Abmessungen ist dünner als ein Träger aus GFK. Die auf die Trägeroberfläche aufgebrachte Isolations-schicht gewährleistet Berührungssicherheit, d. h. verhindert, dass bei angelegter Spannung ein elektrisches Potential an dem CFK liegt. Die Isolations-schicht hat allerdings eine geringe Einbuße an Kraftschlüssigkeit zur Folge. Dieser Nachteil wird aber aufgewogen durch die Verminderung des Dämpfungsproblems bei CFK und durch die anderen o. g. vorteilhaften Eigenschaften gegenüber GFK.

[0030] Die gut reproduzierbaren Eigenschaften des Federelements erlauben eine sehr genaue Steuerung der Betriebsbedingungen (Frequenz, Phasenverschiebung, Amplitude der Schwingung, Beschleunigungen). Zudem wirkt sich die gute Wärmeleitfähigkeit von CFK günstig aus, weil dadurch die Erwärmung des Federelements viel geringer als bei GFK ist, wodurch sich die Temperaturabhängigkeit der physikalischen Eigenschaften wenig auswirkt und dadurch für weitgehend konstante Betriebsbedingungen sorgt.

[0031] Es ist vorteilhaft, wenn die Isolations-schicht zwischen etwa 0,3 mm und etwa 1 mm dick ist. Isolations-schichten dieser Dicke gewährleisten, dass die elektrische Isolation ausreichend und die Beeinträchtigung der Kraftschlüssigkeit gering ist. Es ist vorteilhaft, wenn das eine Ende des Trägers mit Mitteln zur Befestigung an der stabilen, gewichtigen als Halterung dienenden Masse (im Folgenden auch als schwere Masse bezeichnet), wie einem dem Federelement Halt gebendes Unterteil eines Systems, beispielsweise einer Grundplatte des Gesamtsystems und das entgegengesetzte Ende mit Mitteln zur Befestigung an der zu bewegenden Masse, wie der Übertragungseinheit ausgestattet ist (Einfachfeder) oder wenn der Träger an den Enden mit Mitteln zur Befestigung an der schweren Masse und in einem mittleren Bereich mit Mitteln zur Befestigung an der zu bewegenden Masse ausgestattet ist (Doppelfeder). Gegenüber der Einfachfeder ist die Doppelfeder insbesondere dadurch ausgezeichnet, dass der Schwingweg der zu bewegenden Masse linearer ist und dass auf einfache Weise größere Federkonstanten D erreichbar sind.

[0032] Die mindestens eine Steuereinheit für das mindestens eine Schwingssystem erzeugt die notwendige elektrische Leistung in der Form einer gleichmäßig pulsierenden Spannung, um das Schwingssystem in der gewünschten Frequenz anzuregen. Vorzugsweise erhält jede Steuereinheit je Schwingachse eine Regeleinheit, welche die Resonanzfrequenz des Schwingsystems erkennt und den gewünschten Arbeitspunkt durch die Frequenz der eingeleiteten Spannung einstellt und regelt. Es ist auch denkbar, dass die Steuereinheiten von unterschiedlichen Schwingachsen synchronisiert werden und durch Phasenverschiebung ein gemeinsames zwei- oder dreidimensionales Schwingmuster erzeugen. Das erzeugte Schwingmuster durch kombinierte synchronisierte Schwingebenen kann dabei eine mehrdimensionale lineare Bewegung, eine elliptische Form, eine Kreisform oder auch die Form einer stehenden oder liegenden 8 beschreiben. Die Steuereinheit kann mit einem System gekoppelt sein, das die Amplitude und/oder die Beschleunigung und/oder die Umfangsgeschwindigkeit und/oder die Winkelgeschwindigkeit der erzeugten Schwingbewegung misst und die Leistung der eingeleiteten Energie entsprechend anpasst. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Aufschluss von Biomasse besitzt idealerweise eine Regeleinheit zur Erkennung und Einstellung der optimalen Frequenz und/oder eine Regeleinheit, um die Stärke der erzeugten Schwingung zu erkennen und zu regeln. Eine Begrenzung der maximalen Schwingungsamplitude kann grundsätzlich auch durch einen mechanischen Anschlag oder einen Dämpfer erfolgen.

[0033] Die Hauptschwingbewegung zur Erzeugung von Kavitation innerhalb der Dispersion hat durch die gewählten Federn, Massen und die geometrische Anordnung von diesen eine Eigenfrequenz (Resonanzfrequenz) zwischen 10 Hz (1/sec) und 5000 Hz, bevorzugt zwischen 30 Hz und 500 Hz, am besten zwischen 70 Hz und 250 Hz.

[0034] Die Arbeitsfrequenz, in der das System zum Schwingen angeregt wird, liegt in einer Bandbreite von plus/minus 10 Hz, besser 5 Hz, oder noch besser 3 Hz, um die Eigenfrequenz. Die Form der Schwingung ist bevorzugt sinusförmig.

[0035] Es ist aber auch möglich, die Hauptfrequenz durch weitere Frequenzen zu überlagern. Die Richtung der Schwingung kann horizontal, vertikal bzw. in einer beliebigen Richtung erfolgen. Sie kann sowohl linear als auch radial sein. Die Erzeugung der Hauptschwingung kann durch piezokeramische Federelemente, durch Linearmagnetantriebe, durch elektromagnetische Drehmomentgeber oder durch Kurbeltriebe mit elektromotorischem Antrieb erfolgen.

[0036] Die Amplitude der Hauptschwingung liegt zwischen 0,2 mm und 30 mm, bevorzugt zwischen 1 mm und 15 mm.

[0037] Die erzielte maximale Geschwindigkeit der Schwingung, welche durch die gewählte Frequenz und die gewählte Amplitude erzielt wird, liegt im Bereich größer 1 m/sec, besser grösser 3 m/sec, am besten grösser 7 m/sec.

[0038] Eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung von Kavitation durch Einleitung von Schwingungen in die Dispersion besteht darin, dass eine kreisförmige exzentrische Bewegung eingeleitet wird. Die Exzentrizität liegt dabei zwischen 0,1 mm und 10 mm, bevorzugt zwischen 1 mm und 20 mm.

[0039] Eine besonders bevorzugte Möglichkeit besteht darin, eine Torsionsschwingung zu erzeugen. Bei dieser Ausführung kann eine Übersetzung der eingeleiteten Amplitude durch die Wahl von unterschiedlichen Radien für die Krafteinleitung und die Ableitung der Wirkung erfolgen. Die Krafteinleitung erfolgt dabei im Bereich zwischen dem 0,5- und 0,8-fachen des Abstandes zwischen dem Drehpunkt und dem Schwerpunkt des Behandlungsraumes.

[0040] Zusätzlich zur Hauptschwingung können auch weitere Schwingungen eingeleitet werden. Die Schwingungsrichtungen liegen bevorzugt um mehr als 70°, besser 90° versetzt zur Hauptschwingung. Zweck der unterstützenden Schwingungen ist es, eine Durchmischung der Dispersion zu erreichen. Die Erzeugung der unterstützenden Schwingungen kann durch piezokeramische Federelemente, durch Linearmagnetantriebe oder durch Kurbeltriebe erfolgen. Die Amplituden der unterstützenden Schwingungen liegen zwischen 0,1 mm und 15 mm, bevorzugt zwischen 1 mm und 15 mm.

[0041] Bei der Dispersion kann es sich insbesondere um im Dispergiermittel befindliche Holzspäne, Holzschliff, Holzsägemehl, Kleinschnitte von Heu, Stroh, verschiedene Arten von Algen, Purgiernüsse (Jathropha-Samen, Jathropha-Schalen-Slurry), diverse Blätter, Mais, Raps, Baumwolle sowie sonstige zerkleinerte Pflanzen oder einem Gemisch von zwei oder mehreren dieser Stoffe handeln. Als Dispergiermittel wird Wasser bevorzugt. Der pH-Wert der Dispersion ist, je nach den Anforderungen des Einzelfalls, frei wählbar, kann also neutral, sauer oder alkalisch sein.

[0042] Grundsätzlich wird das biologische Material in einem von seiner Dichte abhängigen Gewichtsverhältnis (1:2 H₂O bis 1:10 H₂O) mit Wasser vermischt und als Dispersion den Behandlungsraum zugeführt.

[0043] Optional kann das System zur Verbesserung der Wirkung auch noch mit einer Vorrichtung zum Durchmischen der Dispersion ausgestattet sein. Es ist denkbar, zur Unterstützung des Prozesses die Dispersion durch eine Rührvorrichtung in Bewegung zu halten. Das kann durch eine rotierende oder eine lineare Bewegung erfolgen. Denkbar ist auch eine Durchmischung durch eine Umwälzpumpe.

[0044] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen in einer schematischen, nicht maßstabgetreuen Darstellung:

[0045] Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines Behandlungsraumes für eine erfindungsgemäße Vorrichtung;

[0046] Fig. 1A ein weiteres Ausführungsbeispiel eines in einem Behandlungsraum gemäß Fig. 1 aufgenommenen Verengungselements;

[0047] Fig. 1B ein weiteres Ausführungsbeispiel eines in einem Behandlungsraum gemäß Fig. 1 aufgenommenen Verengungselements;

[0048] Fig. 2 der Behandlungsraum gemäß Fig. 1, kombiniert mit einem ersten Ausführungsbeispiel eines Schwingungssystems;

[0049] Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Behandlungsraums, kombiniert mit einem weiteren Ausführungsbeispiel eines Schwingungssystems;

[0050] Fig. 3A eine Draufsicht auf das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3;

[0051] Fig. 4 ein erstes Ausführungsbeispiel eines piezokeramischen Federelements in einer Seitenansicht;

[0052] Fig. 4A das piezokeramische Federelement gemäß Fig. 4 in einer Draufsicht;

[0053] Fig. 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines piezokeramischen Federelements in einer Seitenansicht;

[0054] Fig. 5A das piezokeramische Federelement gemäß Fig. 5 in einer Draufsicht;

[0055] Fig. 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Behandlungsraums, kombiniert mit einem weiteren Ausführungsbeispiel eines Schwingungssystems;

[0056] Fig. 6A eine Draufsicht auf das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6, teilweise im Schnitt;

[0057] Fig. 7 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Behandlungsraums, kombiniert mit einem weiteren Ausführungsbeispiel eines Schwingungssystems;

[0058] Fig. 7A eine vergrößerte Teildarstellung des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 7;

[0059] Fig. 8 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Behandlungsraums in Form eines kesselförmigen Behälters, kombiniert mit einem weiteren Ausführungsbeispiel eines Schwingungssystems zur Erzeugung von Torsionsschwingung;

[0060] Fig. 9 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Behandlungsraums in Form von Einzelbehältern, kombiniert mit dem Ausführungsbeispiel eines Schwingungssystems zur Erzeugung von Torsionsschwingung gemäß Fig. 8;

[0061] Fig. 10 das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 8 und Fig. 9 in einer Draufsicht;

[0062] Fig. 11 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Behandlungsraums in Form eines kesselförmigen Behälters, kombiniert mit einem weiteren Ausführungsbeispiel eines Schwingungssystems zur Erzeugung von Torsionsschwingung mit Induktionsenergie-Rückgewinnung.

[0063] In Fig. 1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel eines Behandlungsraumes 30 dargestellt. An der Oberseite befinden sich ein Zulauf 9 und ein Ablauf 10. Die dargestellte Ausführung ist dazu gedacht, die Dispersion 8 in einem kontinuierlichen Prozess zu bearbeiten. Der Behandlungsraum 30 besteht aus einem Behandlungsbehälter 7, der durch ein Verengungselement 15, 15a oder mehrere Verengungselemente 15, 15a unterteilt ist. Das/die Verengungselemente 15, 15a sind fest mit der Wandung des Behandlungsbehälters 7 verbunden und sind bevorzugt quer zur Hauptschwingungsrichtung angeordnet. Die Wandung des Behandlungsbehälters 7 ist längs zur Schwingbewegung besonders formstabil.

[0064] Die Fig. 1A und Fig. 1B zeigen Beispiele, wie die Verengungselemente 15, 15a gestaltet sein können und dass sie im Behandlungsbehälter 7 mindestens eine Durchgangsöffnung 16 an der Oberseite und bevorzugt Durchgangsöffnungen 17, 17a an der Unterseite des Behandlungsbehälters 7 bilden. Grundsätzlich sind auch andere Geometrien insbesondere der Außenkontur und der Durchgangsöffnungen 16, 17, 17a möglich. In den Verengungselementen 15a können auch Durchgangsbohrungen 18 vorgesehen sein.

[0065] Die Durchgangsöffnungen 17, 17a befinden sich unten an der Unterseite des Behandlungsbehälters 7, da die Festkörper der Dispersion 8 sich nach unten absetzen. Grundsätzlich ist es auch denkbar, die Durchgangsöffnungen auch an anderen Stellen zu platzieren, abhängig von den physikalischen Eigenschaften der Dispersion 8. Die Durchgangsöffnung 16 ist primär dazu gedacht, dass entstehende Gase bzw. eingeschlossene Luft aus dem Behandlungsbehälter 7 entweichen können. Dazu ist der Behandlungsbehälter 7 an der Oberseite zu den Öffnungen von Zulauf 9 und/oder Ablauf 10 ansteigend gestaltet, so dass die Gase entweichen können. Diese Ausgestaltung ist vorteilhaft, wenn die Schwingungsrichtung vorwiegend horizontal erfolgt. Bei einer vorwiegend senkrechten Schwingrichtung kann die Durchgangsöffnung 16 entfallen.

[0066] Die Verengungselemente 15, 15a bestehen aus einem steifen Material und sind besonders formstabil. Die Verengungselemente 15, 15a können ein- oder mehrstückig mit dem Behandlungsbehälter 7 ausgeführt sein.

[0067] Die Verengungselemente 15, 15a bewirken, dass die bewegte Dispersion 8 durch die entstehende Dynamik der Flüssigkeit in den Durchgangsöffnungen 17, 17a und/oder den Durchgangsbohrungen 18 eine deutlich höhere Relativbewegung ausführt als die der eingeleiteten Schwingungsbewegung. Dadurch entsteht an den Durchgangsöffnungen 17, 17a bzw. Durchgangsbohrungen 18 vermehrt Kavitation 14.

[0068] Wenn mehrere Verengungselemente **15**, **15a** vorhanden sind, können diese auch unterschiedlich gestaltet sein, um z. B. unterschiedliche Geschwindigkeiten insbesondere an den Durchgangsöffnungen **17**, **17a** und den Durchgangsbohrungen **18** zu erzeugen. Dadurch können die entstehende Kavitation und die Größe der Kavitationsblasen beeinflusst werden.

[0069] **Fig. 2** zeigt ein komplettes System, bestehend aus einer abstützenden Masse **13**, die gleichzeitig die erfindungsgemäße Vorrichtung aufnimmt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist im Ausführungsbeispiel zwei piezokeramische Federelemente **1** (PKF) zur Erzeugung einer im Ausführungsbeispiel horizontalen Schwingungsbewegung **11** und einen Behandlungsbehälter **7** auf, wie er bereits in **Fig. 1** dargestellt ist. Die Schwingung kann alternativ auch nur von einer Seite eingeleitet werden. Die piezokeramischen Federelemente **1** (PKF) bestehen im Wesentlichen aus einem oder mehreren piezoelektrischen Körpern **2**, die auf einer Blattfeder **3** gehalten sind.

[0070] Die **Fig. 3** und **Fig. 3A** zeigen eine Lösung, bei der die Schwingungsbewegung **11** horizontal als radiale Schwingung erzeugt wird. Zusätzlich wird eine vertikale Schwingungsbewegung **12** eingeleitet. Wie in den **Fig. 3** und **Fig. 3A** zu erkennen ist, ist eine abstützende Masse **13** vorgesehen, an der zwei piezokeramische Federelemente **1** (PKF) befestigt sind, welche die vertikale Schwingungsbewegung **12** bewirken. Auf den Blattfedern **3** der beiden piezokeramischen Federelemente **1** (PKF) ist eine weitere abstützende Masse **13a** vorgesehen. Darauf sind zwei weitere piezokeramische Federelemente **1a** (PKF) befestigt, die einen Schwingteller **6** abstützen, auf dem mindestens ein mit der Dispersion gefüllter Behandlungsbehälter **7** vorgesehen ist.

[0071] Die piezokeramischen Federelemente **1** (PKF) befinden sich in einem geringeren Abstand zur Schwingachse als der Behandlungsbehälter **7**. Dadurch wird eine Übersetzung der horizontalen Schwingungsbewegung **11** erreicht. Die gezeigte Lösung mit zwei Schwingachsen besitzt je Schwingebene eine abstützende Masse **13**, **13a**. Die Kombination aus der abstützenden Masse **13**, **13a** und den Federkonstanten der piezokeramischen Federelemente **1**, **1a** (PKF) ist so gewählt, dass die Resonanzfrequenz der beiden Schwingungsebenen identisch oder ein Vielfaches voneinander ist. Die Abweichung der Resonanzfrequenzen beträgt maximal 10 Hz (1/sec), besser 3 Hz (1/sec). Die Behandlungsbehälter **7** sind in dieser Variante als einfache Behälter dargestellt. Die Wandung der Behälter ist besonders formstabil. Grundsätzlich ist auch eine Ausführung mit einem oder mehreren Behältern wie in **Fig. 1** dargestellt möglich.

[0072] Die **Fig. 4**, **Fig. 4A**, **Fig. 5**, **Fig. 5A** zeigen Ausführungsbeispiele eines piezokeramischen Federelements **1** (PKF) in Form einer Doppelfeder (**Fig. 4**, **Fig. 4A**) bzw. in Form einer Einfachfeder (**Fig. 5**, **Fig. 5A**), wie sie bspw. in den deutschen Patenten DE 10 2006 048 307 B4 und DE 102 45 722 B4 beschrieben sind. Das piezokeramische Federelement **1** besteht im Wesentlichen aus einem plattenförmigen, als Blattfeder **3** wirkenden Träger sowie darauf angebrachten piezoelektrischen Platten (PK-Platten) **2**. Als piezoelektrisches Material wird im Allgemeinen ein keramisches Material verwendet. Mit dem Bezugszeichen **4** ist die Stromversorgung der piezoelektrischen Platten angedeutet. Bei dem als Doppelfeder ausgebildeten piezokeramischen Federelement **1** gemäß den **Fig. 4**, **Fig. 4A** weist der als Blattfeder **3** wirkende Träger an seinen beiden freien Enden Mittel zur Befestigung an der schweren Masse bzw. der abstützenden Masse **13** und in seinem mittleren Bereich Mittel zur Befestigung am Behandlungsbehälter **7** auf. Bei dem als Einfachfeder ausgebildeten piezokeramischen Federelement gemäß den **Fig. 5**, **Fig. 5A** weist der als Blattfeder **3** wirkende Träger an einem seiner freien Enden Mittel zur Befestigung an der schweren Masse bzw. der abstützenden Masse **13** und an seinem anderen freien Ende Mittel zur Befestigung des Behandlungsbehälters **7** auf.

[0073] Die **Fig. 6** und **Fig. 6A** zeigen ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, bei der der Behandlungsbehälter **7** fest mit der abstützenden Masse **13** verbunden ist. Der Zulauf **9** und der Ablauf **10** für die Dispersion befinden sich seitlich am Behandlungsbehälter **7**, wobei der Zulauf **9** oberhalb des Ablaufs **10** angeordnet ist. Die Schwingung wird im Ausführungsbeispiel durch ein piezokeramisches Federelement **1** erzeugt. Grundsätzlich sind auch andere Schwingungsanregungen wie Kurbeltriebe oder magnetische Linearschwinger möglich. Die Schwingbewegung erfolgt bei diesem Ausführungsbeispiel weitgehend vertikal mit einer maximalen Abweichung von 45° von der Vertikalen. Über eine an der Blattfeder **3** befestigte Schubstange **20** wird die Schwingung auf eine oder mehrere Übertragungsplatten **19** übertragen. Diese befinden sich innerhalb der zu behandelnden Dispersion **8**. Die Übertragungsplatten **19** haben einen Querschnitt, gemessen senkrecht zur Hauptschwingungsbewegung, der kleiner ist als der Querschnitt des Behandlungsbehälters **7**, gemessen in der gleichen Ebene. Der Querschnitt der einzelnen Übertragungsplatte **19** beträgt zwischen Faktor 0,2 und 0,98, besser zwischen Faktor 0,4 und 0,95 des Querschnitts des Behandlungsbehälters **7**. Die Übertragungsplatten **19** haben keine oder nur eine punktförmige Berührung zum Behandlungsbehälter **7**. Im Spalt zwischen den Übertragungsplatten **19** und dem Behandlungsbehälter **7** findet in der Dispersion **8** eine starke Verstärkung der Schwingung statt, mit dem Effekt, dass hier bevorzugt Kavitation **14** entstehen kann. Die Kontur der einzelnen

Übertragungsplatten **19** kann gleichförmig aber auch gezackt oder allgemein zerklüftet oder zahnförmig sein. Dadurch wird erreicht, dass die Kavitationswirkung in unterschiedlichen Stärken erzeugt wird.

[0074] Die **Fig. 7** und **Fig. 7A** zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung mit einem rohrförmigen Behandlungsbehälter **21**. Dieser kann sich, wie abgebildet, spiralförmig über mehrere Windungen erstrecken oder als einfacher Ring ausgeführt sein. Das als Dispersion vorliegende biologische Material wird mittels einer Umwälzpumpe **22** über eine Zuführleitung **23** in den Behandlungsbehälter **21** transportiert bzw. über eine Rückführleitung **24** aus dem Behandlungsbehälter **21** entfernt. Die Schwingung wird in diesem Ausführungsbeispiel durch einen elektromagnetischen Antrieb **25**, der mit der abstützenden Masse **13** fest verbunden ist, in Zusammenarbeit mit einem dazu gehörenden Anker **26** erzeugt. Der Anker **26** ist mit einem Schwingteller **6** fest verbunden. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist eine Blattfeder **3** in einem Einleitungswinkel **27** Alpha, in Bezug zur Ausstreckungsrichtung des rohrförmigen Behandlungsbehälters **21** angebracht. Dadurch wird erreicht, dass die Schwingung des rohrförmigen Behandlungsbehälters **21** sowohl eine horizontale als auch eine vertikale Komponente aufweist.

[0075] Die **Fig. 8** und **Fig. 9** zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Kombination aus Behandlungsraum und Schwingungssystem zur Erzeugung einer Torsionsschwingung, wobei das Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 8** einen kesselförmigen Behandlungsraum **30** aufweist, während das Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 9** drei einzelne, kleinere Behandlungsräume **31** aufweist. Die Behandlungsräume können, je nach Anforderung des Einzelfalls, auch andere Formen aufweisen.

[0076] **Fig. 10** zeigt in einer weiteren Draufsicht auf die Aktionsscheibe und die piezokeramischen Federelemente (PKF) in vertikaler Orientierung die Verteilungsfunktion **38** der Kavitationswirkung in Form einer Spirale.

[0077] Die Ausführungsbeispiele sind als Zwei-Etagen-Schwinger aufgebaut und bestehen von unten nach oben aus einer abstützenden Masse in Form einer Grundplatte **32** mit Standfüßen **37**. Auf der Grundplatte sind Vertikalbeschleuniger **33** in Form von piezokeramische Federelementen (PKF) mit horizontaler Orientierung der Blattfedern befestigt. Darüber ist eine weitere abstützende Masse in Form einer Zwischenplatte **34** vorgesehen. Darauf sind Torsionsbeschleuniger **35** in Form von auf CFK-Blattfedern einwirkenden Wechselstrom-Magnetsegmenten befestigt. Hierbei ist auf einer Seite jeder Blattfeder ein Anker vorgesehen, der mit einem Wechselstrom-Magneten zusammenwirkt. Darüber wiederum ist eine Aktionsscheibe **36** angeordnet, auf welcher entweder der kesselförmige Behandlungsraum **30** (**Fig. 8**) mit Ein- bzw. Auslauföffnungen **39** für die Dispersion oder einzelne, kleinere Behandlungsräume **31** (**Fig. 9**) kraftschlüssig und biegesteif befestigt sind.

[0078] Die Vertikalbeschleuniger **33** und die Torsionsbeschleuniger **35** werden zur Einleitung der Kavitationswirkung in die Dispersion sowie zur Erzielung von optimierten hydrodynamischen Parametern phasengesteuert synchron betrieben.

[0079] Dieses Ausführungsbeispiel zeichnet sich dadurch aus, dass sein Aufbau auf der Grundlage reproduzierbarer Feder-Massensysteme als Torsionsschwinger konzipiert ist. Die notwendigen elektromechanischen Wandler (piezokeramische Federelemente bzw. Wechselstrommagnete mit CFK-Doppelfedern) sind betrags- und phasengesteuert verknüpft. Damit ist die Realisierung von Torsionsschwingern mit ein oder mehreren Freiheitsgraden berechenbar möglich, auch durch Frequenz-Synchronbetrieb der Zwischenplatte **34** und der Aktionsscheibe **36**.

[0080] Es wird eine differentielle Schwinggeschwindigkeit ΔV_0 gemäß dem folgenden Rechenbeispiel erzeugt. Einleitung der Torsions- bzw. Winkel-Beschleunigung a_x im Teilkreis der Aktionsscheibe **36**, bspw. $a_x \sim \pm 200 \text{ g} \sim \pm 2000 \text{ ms}^{-2}$ mit bspw. 12 Wechselstrommagneten mit CFK-Doppelfedern; Arbeitsfrequenz $f_A \sim 125 \text{ Hz}$, Kreisfrequenz $\omega_A = 2\pi f_A \sim 800 \text{ s}^{-1}$, Schwingweg $\Delta Y_A [\text{mm}]$, $V_{0\text{max}} = \omega A Y_{A2} [\text{mm}] 800 \text{ s}^{-1} \cdot 20 \text{ mm} \geq \pm 12,5 \text{ ms}^{-1}$.

[0081] Weitere Parameter sind in den Anlagen 1 und 2 dargelegt.

[0082] **Fig. 11** zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Kombination aus Behandlungsraum und Schwingungssystem zur Erzeugung einer Torsionsschwingung in Form eines Ein-Etagen-Schwingers. Der Aufbau entspricht dem der Ausführungsbeispiele gemäß den **Fig. 8** und **Fig. 9** mit der Ausnahme, dass die Vertikalbeschleuniger und die Zwischenplatte fehlen. An deren Stelle treten Stabilisierungselemente **41** unterhalb der Grundplatte **42**. Es sind lediglich Torsionsbeschleuniger **46** auf der Basis von Wechselstrommagneten mit CFK-Federplatten wie oben beschrieben vorgesehen. Auf der Aktionsscheibe **43** ist ein rohrförmiger Behandlungsraum **44** angeordnet, an den Zulauf- bzw. Ablaufschläuche **45** für die Dispersion angeschlossen sind. Der Behandlungsraum schwingt erfindungsgemäß in einer tieffrequenten, sinusförmigen Winkelbeschleunigung.

[0083] Bei allen Ausführungsbeispielen gemäß den **Fig. 8** bis **Fig. 11** erfolgt die Erzeugung der Schwingung mit Nutzung der Resonanzüberhöhung des Feder-Massen-System durch PWM-Modulatoren im phasengesteuerten Synchronbetrieb. Damit kann mit wenig Energie eine hohe Auslenkung und Beschleunigung in der Dispersion erzeugt werden. Dieser hydrodynamische Vorgang ist die Grundlage zur Einleitung der Kavitationswirkung in der Dispersion. Ferner ist es möglich, Induktionsenergie zurückzugewinnen.

[0084] Wesentlich für die vorliegende Erfindung ist die Zuführung tieffrequenter mechanischer Schwingungen in den Bearbeitungsraum **7** und somit in die Dispersion.

Anlage 1

BR-Reaktor Antrieb (siehe Fig. 12)

Reaktor-Arbeitsfrequenz $f_A > 10$ Hz

Differenzielle

Schwinggeschwindigkeit:

$$\Delta V_0 = \omega_A \cdot \Delta Y_A \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

Schwingweg (Elongation)

**als Funktion des Radius r der Aktions-
Oberteilscheibe:**

$$\Delta Y_A = f(r)$$

$$\Delta Y_{A1} = \pm 10 \text{ mm}$$

$$\Delta Y_{A2} = \pm 15 \text{ mm} \quad \Delta Y_{A4} = \pm 25 \text{ mm}$$

$$\Delta Y_{A3} = \pm 20 \text{ mm} \quad \Delta Y_{A5} = \pm 30 \text{ mm}$$

[0085] Darstellung der differentiellen Schwingwegentwicklung (Elongation) $\pm Y_A$ am Modell Reaktor-Antrieb als Funktion der Zellaufspalt-Radien bei gegebener Antriebsfrequenz f_A bzw. Schwingbeschleunigung a_A zur Erzeugung des hydrodynamischen Dispersionsdruckes der Biomasse [Schlamm]. Der dynamische Druck P_{dyn} von Flüssigkeiten rechnet sich nach Bernoullie zu: $P_{\text{dyn}} = \frac{V_0^2 \cdot \gamma}{2}$ [hierbei ist γ die spezifische Dichte der Dispersion.] und ist neben dem Verdampfungsdruck P_V der wichtigste Parameter zur Einleitung von Kavitationswirkungen in Biomassendispersionen. Der Verdampfungsdruck P_V richtet sich laut Magnusgleichung in einer e-Funktion nach der Temperatur T der verflüssigten Biomasse.

$$P_V = 610,78 P_A \cdot e^{\frac{17,08 \cdot T}{234,17 + T}}$$

Anlage 2

[0086]

Bioreaktor BR $\sim \pm 200$ g

Torsionschwinger

Eckdaten-Mechanik:

Durchmesser Aktionsscheibe	700 mm°
Durchmesser Reaktionsteil	> 1000 mm°
Abkopplungsfaktor	> 1:10
Arbeitsbeschleunigung Horizontal/Torsion	$\hat{a}_X \sim \pm 200 \text{ g} \sim \pm 2000 \text{ ms}^{-2}$
Arbeitsbeschleunigung Vertikal	$\hat{a}_Z \sim \pm 25 \text{ g} \sim \pm 250 \text{ ms}^{-2}$
Elementenwinkel	$\alpha \sim 80^\circ$
Arbeitsfrequenz mechanisch	$f_A \sim 135 \text{ Hz}$
Kreisfrequenz	$\omega_A = 2\pi \cdot f_A \sim 850 \text{ s}^{-1}$
Schwingweg-Elongation	$\hat{y}_0 \sim \pm 5 \text{ mm}$ Maximalwert
Schwinggeschwindigkeit des hydrodynamischen	
Drucks P_{dyn} für die Kavitationswirkung im	

mesophilen Arbeitsbereich

$$V_0 = > \pm 8,5 \text{ m/s}$$

Mittlere Umlaufzeit der Biopartikel

$$T_U \sim 3,5 \text{ s}$$

Mittlere Umlaufgeschwindigkeit

$$V_{\text{mitt}} \sim 0,6 \text{ m/s}$$

Eckdaten-Elektrotechnik:

2× PWM-Frequenz-Phasenregler bis 500,0 Hz

Auflösung $\Delta 0,1 \text{ Hz}$, für Synchronbetrieb u. Zeitlageneinstellung

Schwingerarbeitspunkt* $\Delta 1 \text{ Hz}$ oberkritisch, für Schwingerantrieb

2× Drei-Segment

Ausgangs-Blindstrom

$$I_A \sim 15 \text{ A pro Regler} \sim 30 \text{ A gesamt}$$

Ausgangsscheinleistung gesamt

$$P_{SA} \sim 6600 \text{ VA}_{\text{gesamt}}$$

Wirkeingangsleistung

$$P_E \sim 730 \text{ W}_{\text{gesamt}}$$

Wirkungsgrad

$$\eta \geq 90\%$$

*d. h. Phasenlage gegen $180^\circ \sim \pi \text{ rad}$ zwischen Erregung und Antwort vom Schwingsystem bei gleichzeitiger Kompensation von Dämpfungsveränderungen

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102006048307 B4 [0027, 0072]
- DE 10245722 B4 [0027, 0072]

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Aufschluss von biologischem Material, aufweisend mindestens einen Behandlungsraum (7) zur Aufnahme einer das biologische Material enthaltenden Dispersion (8), mindestens ein Schwingssystem mit einer definierten Resonanzfrequenz sowie mit ein- oder mehrdimensionaler Schwingrichtung, welches den mindestens einen Behandlungsraum (7) in Schwingung versetzt sowie mindestens eine Steuereinheit, welche die Schwingfrequenz des Schwingssystem steuert und auf seine definierte Resonanzfrequenz abstimmt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Querschnitt des mindestens einen Behandlungsraums (7), gemessen zu einer Hauptschwingrichtung, zumindest an einer Stelle verengt ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schwingssystem mindestens eine schwingungserzeugende Einheit (1; 25, 26), mindestens eine abstützende Masse (13) und/oder mindestens ein abstützendes Reaktionsmoment, mindestens eine federnde Einheit (3) und mindestens eine Wirkmasse (7, 8) aufweist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schwingssystem eine Schwingungsfrequenz aufweist, die 0 bis 10 Hz über seiner Resonanzfrequenz liegt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schwingssystem derart ausgelegt ist, dass es eine lineare Schwingung, eine Rotationsschwingung und/oder eine zweidimensionale oder dreidimensionale Schwingung erzeugt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schwingssystem derart ausgelegt ist, dass es eine Torsionsschwingung erzeugt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schwingssystem derart ausgelegt ist, dass sein Frequenzbereich zwischen 10 Hz und 500 Hz liegt, dass es eine regelbare Amplitude von 2 mm bis 30 mm aufweist und dass es harmonisch sinusförmige Schwingungen im oberkritischen Schwingerarbeitspunkt mit Resonanzüberhöhung erzeugt.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Steuereinheit mindestens einen programmierten Mikrocontroller aufweist, der als Pulsweitenmodulationsbaugruppe (PWM-Baugruppe) zur elektronischen Ansteuerung des Schwingsystems ausgelegt ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine schwingungserzeugende Einheit (1) ein piezokeramisches Federelement (PKF) ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ihre Arbeitstemperatur in einem Bereich zwischen 20°C und 50°C liegt.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

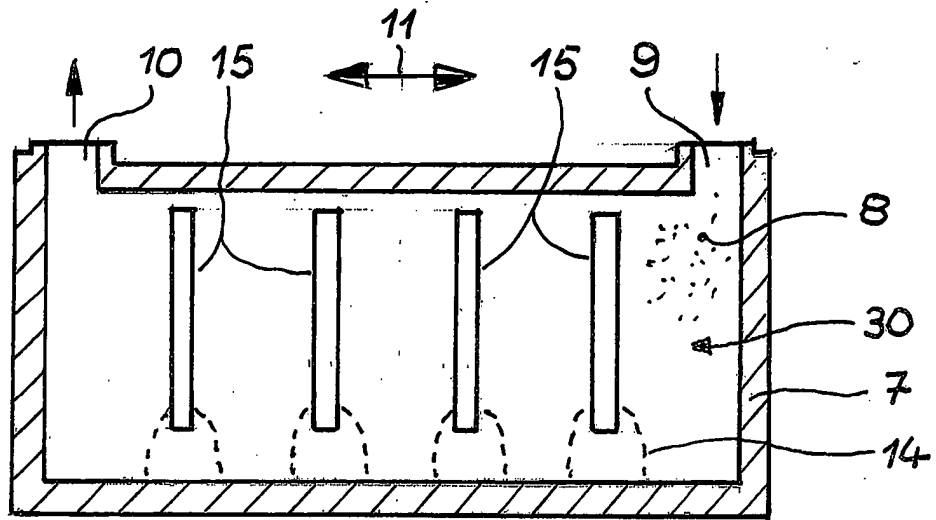


Fig. 1

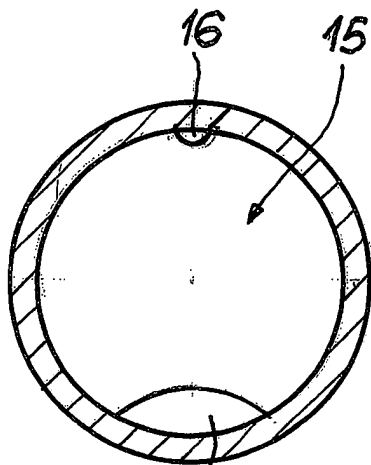


Fig. 1A

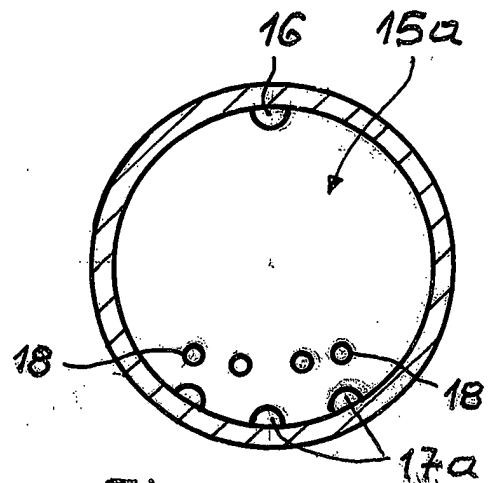


Fig. 1B

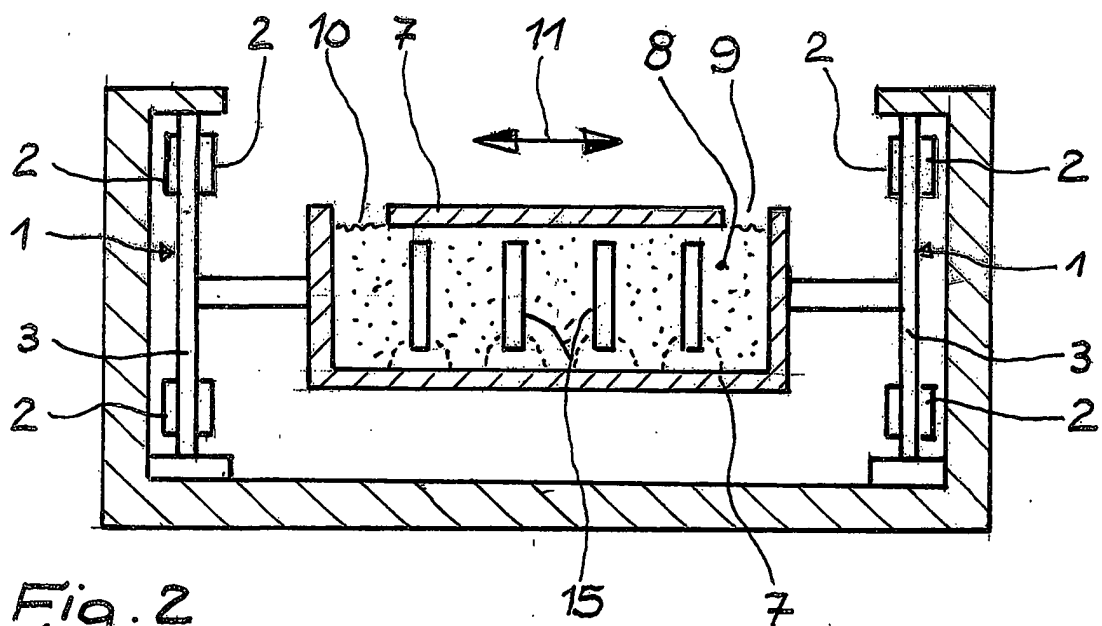
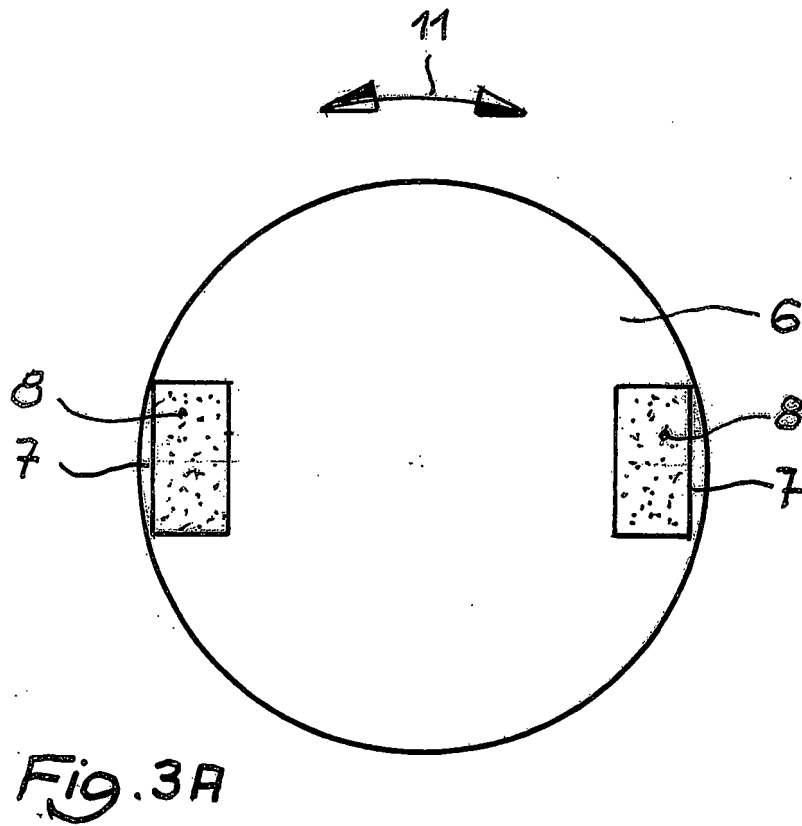
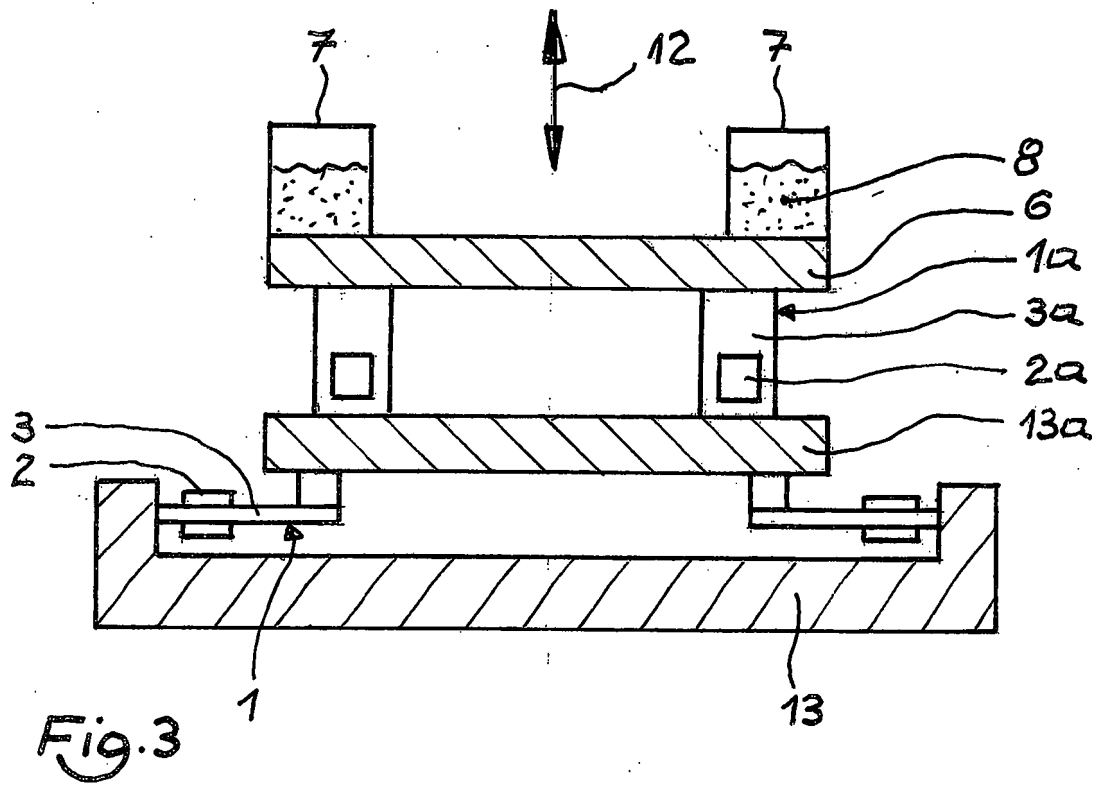
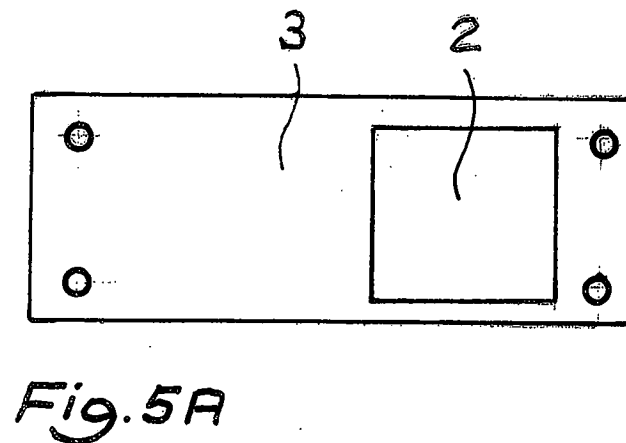
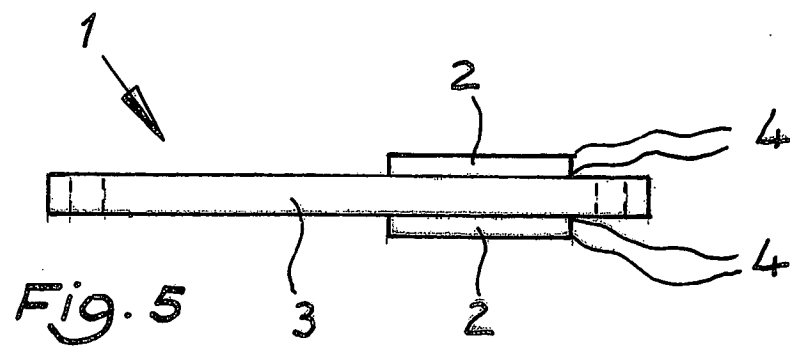
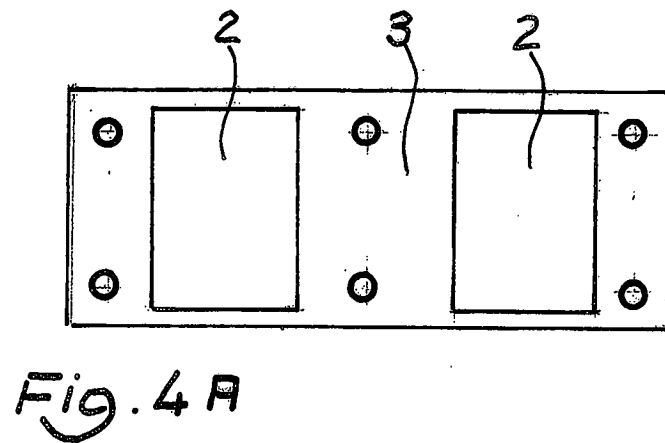
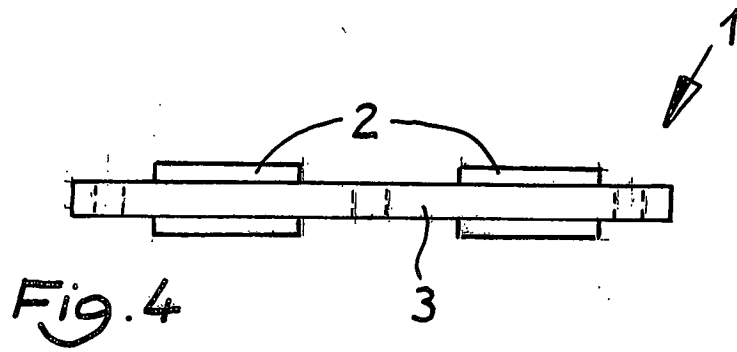
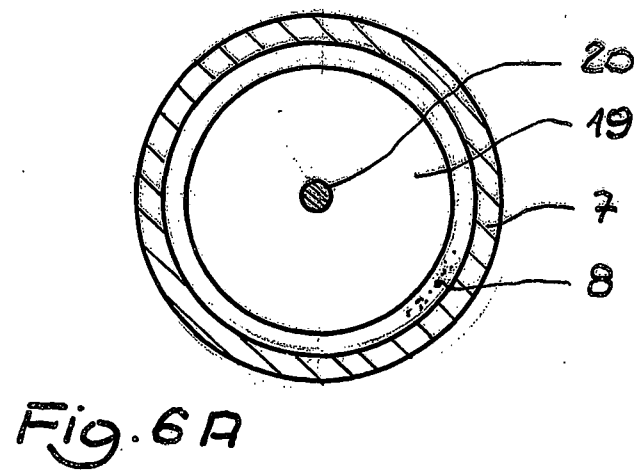
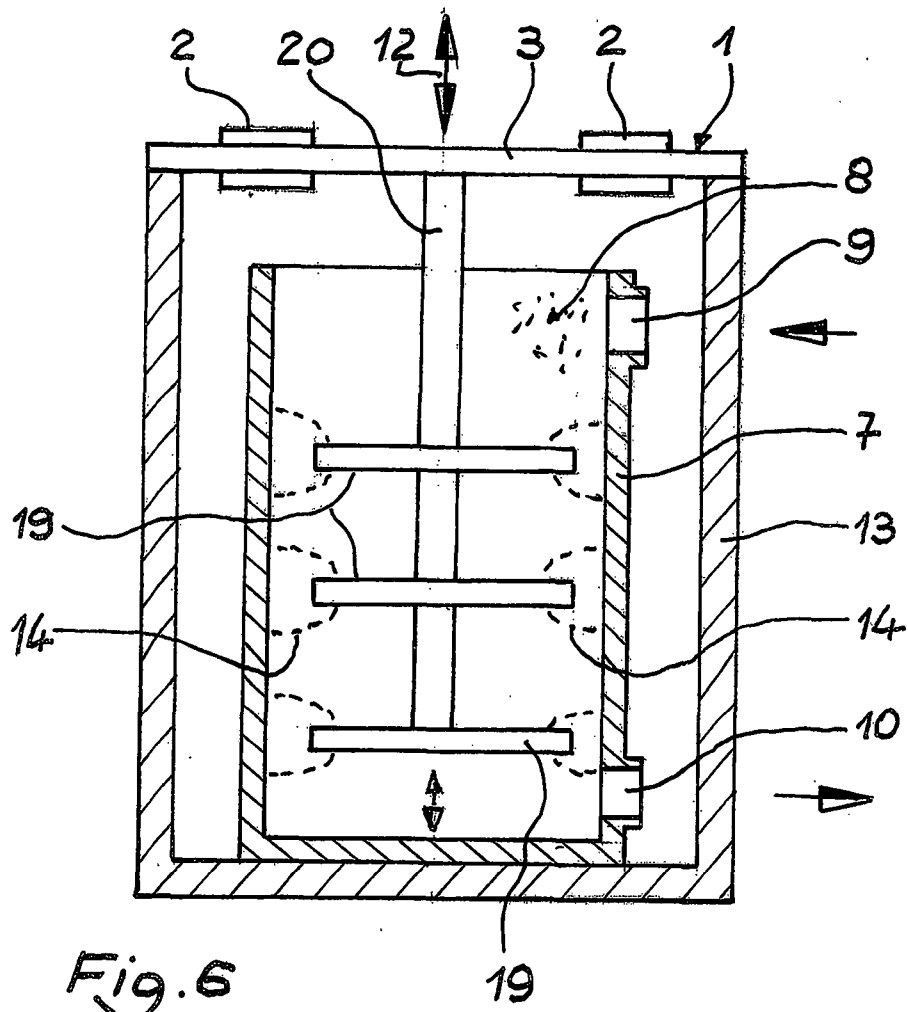
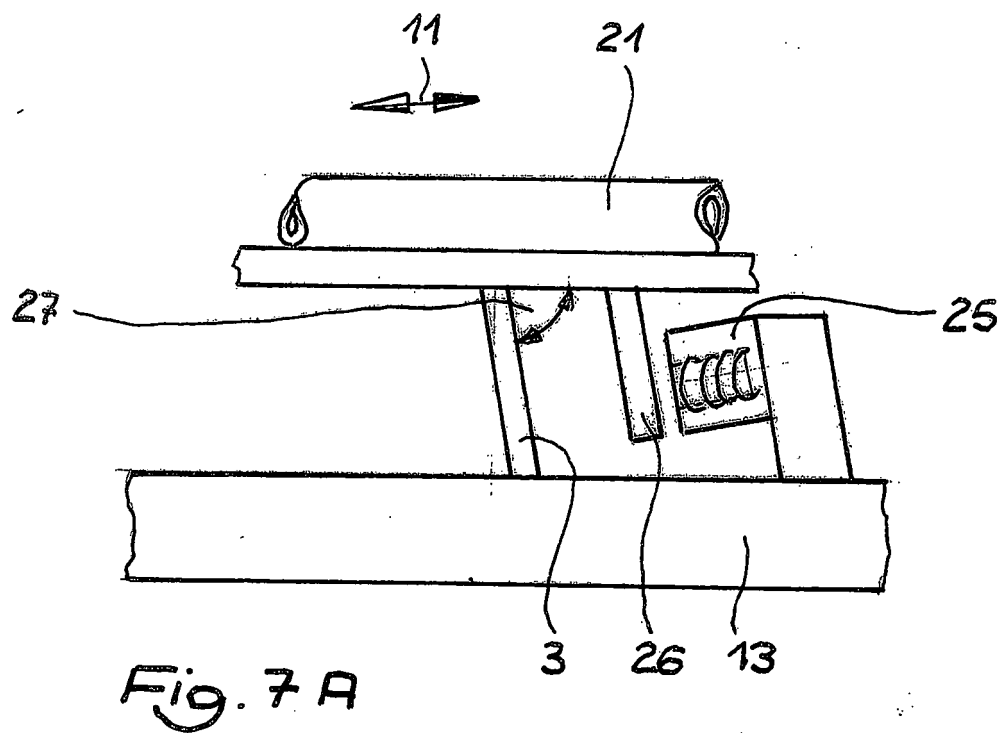
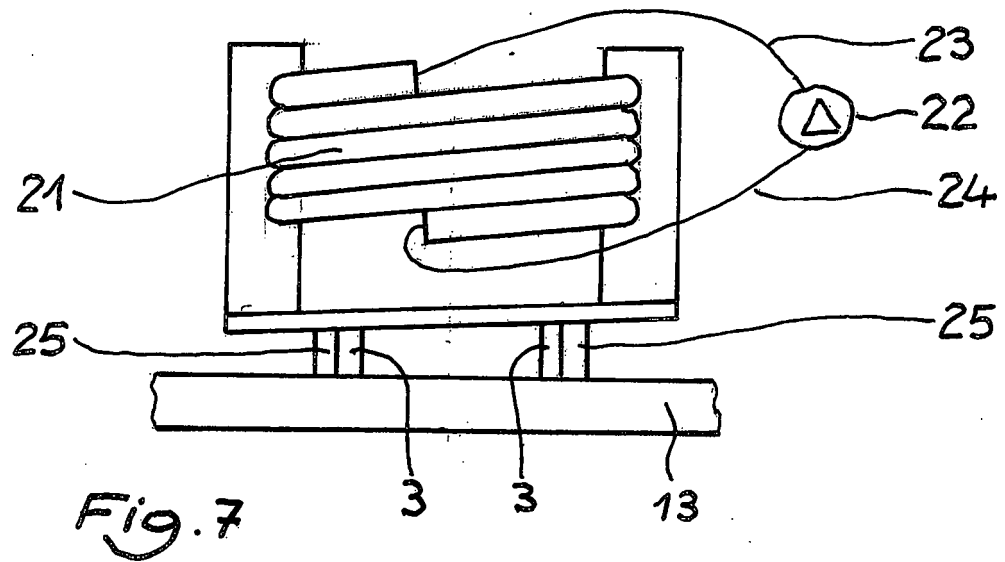


Fig. 2









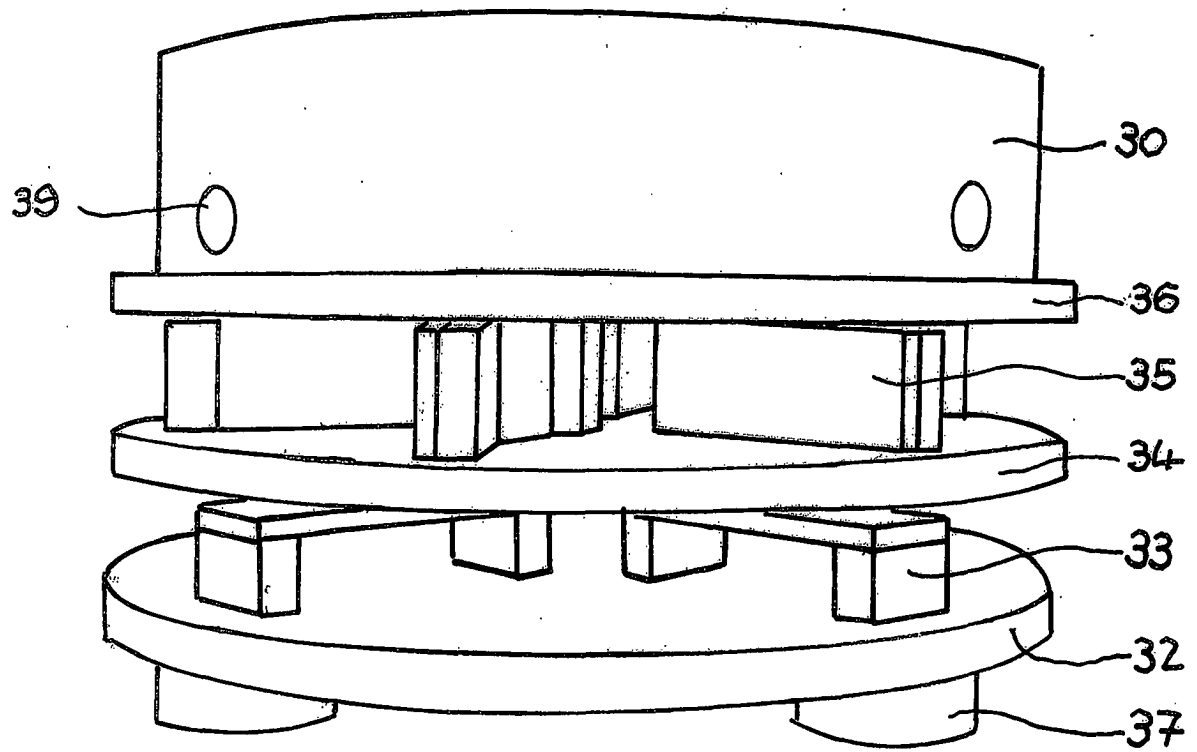


FIG. 8

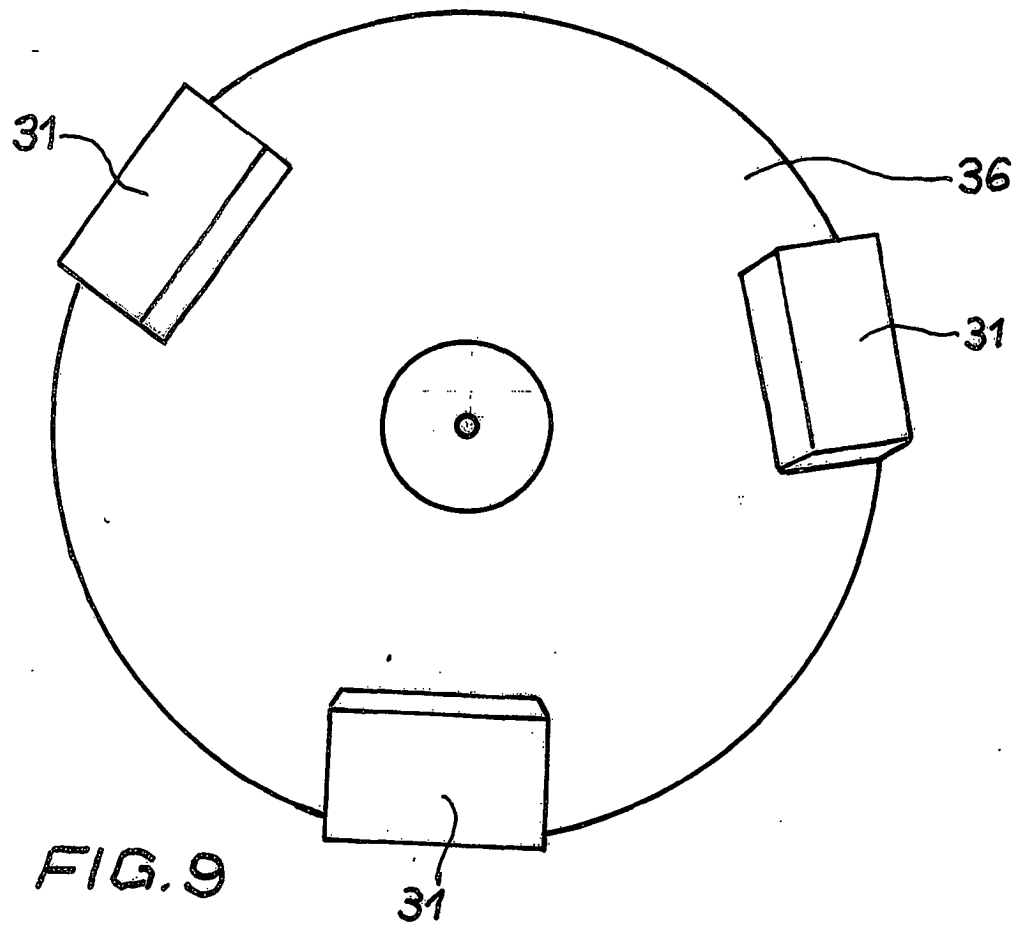


FIG. 9

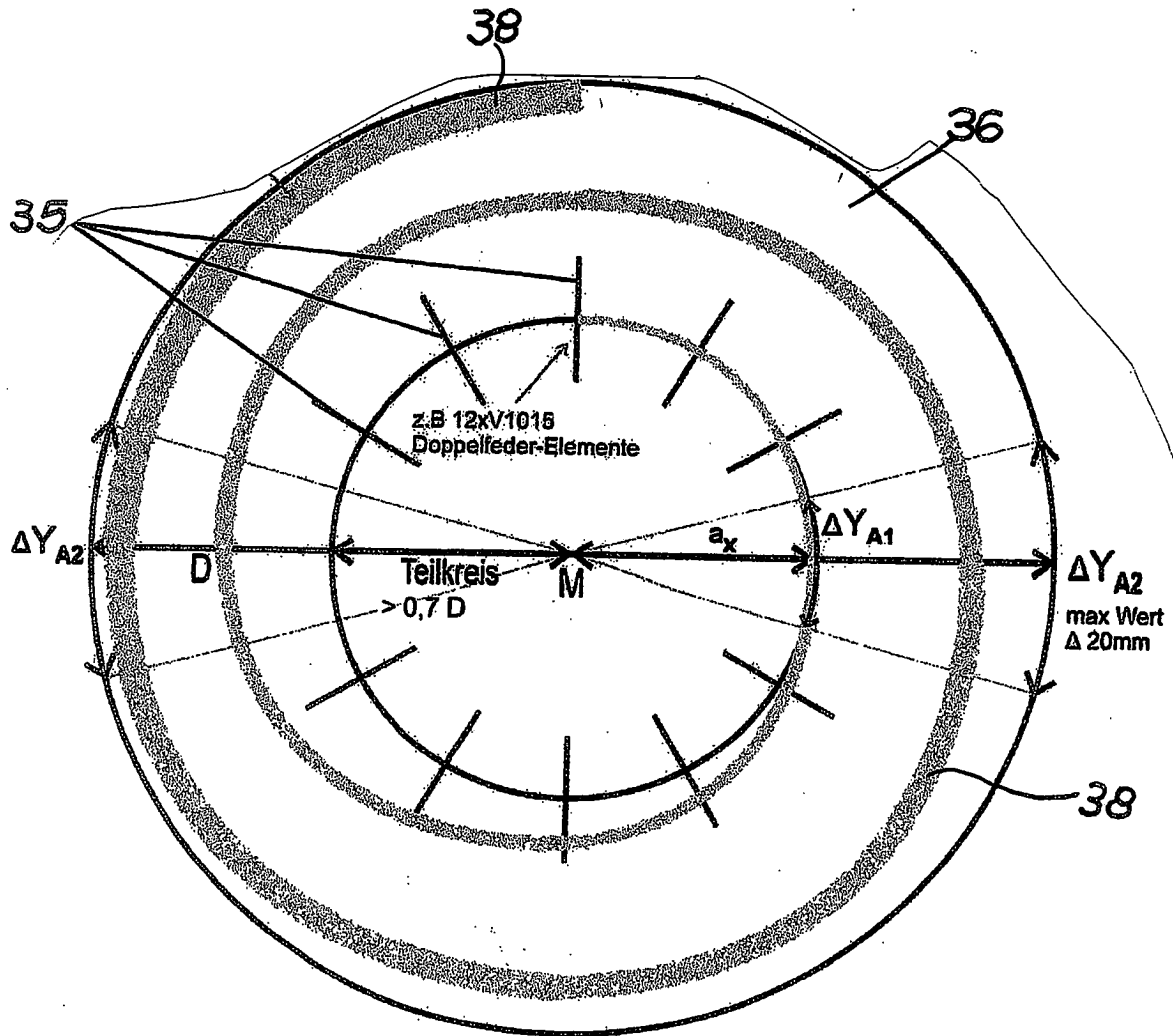


FIG. 10

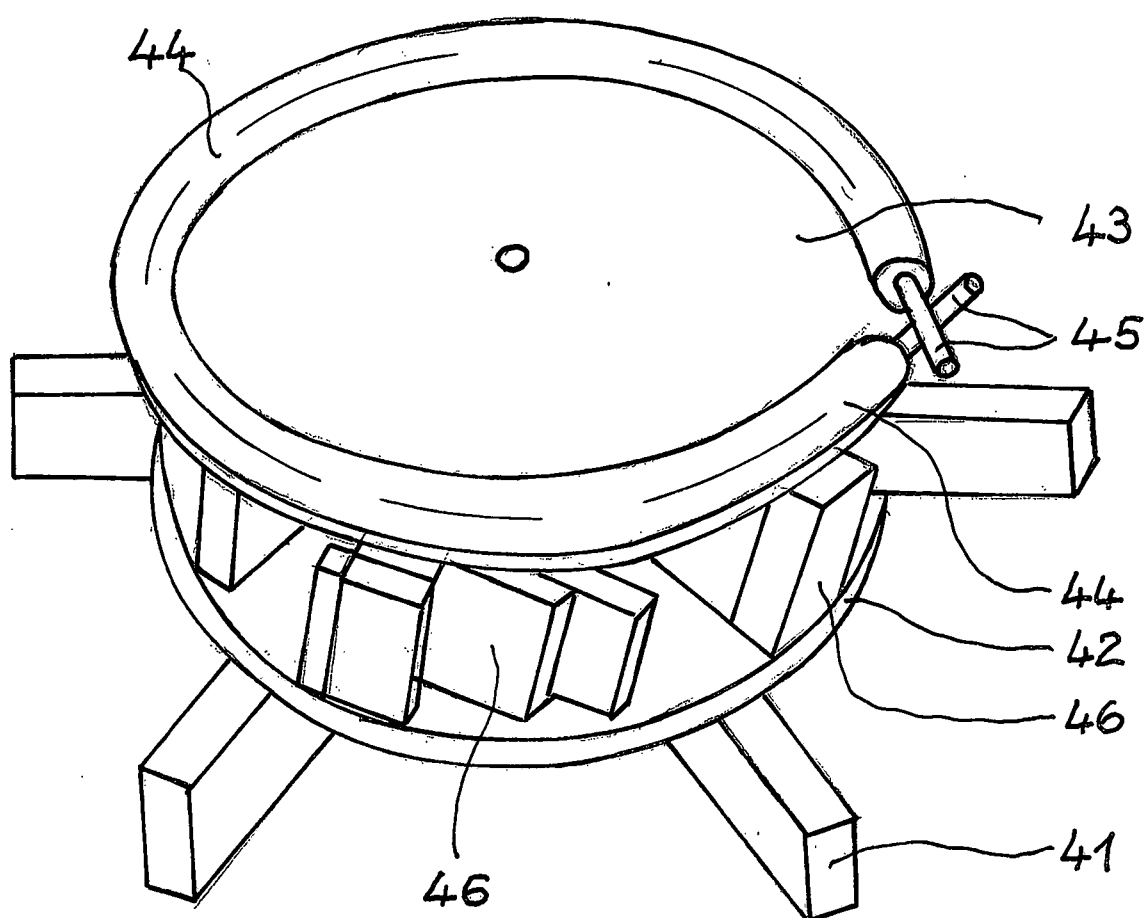


FIG. 11

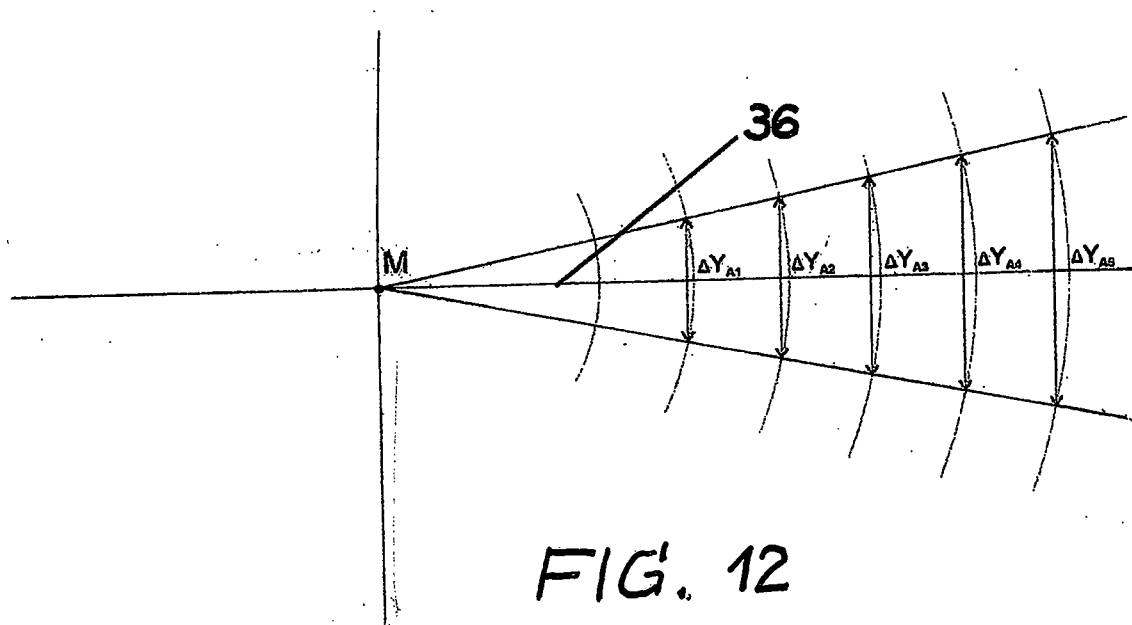


FIG. 12