


**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**


 Anmeldenummer: **88106483.6**


 Int. Cl.<sup>4</sup>: **B02C 17/16**


 Anmeldetag: **22.04.88**


 Priorität: **15.05.87 DE 3716295**


 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**17.11.88 Patentblatt 88/46**


 Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL**

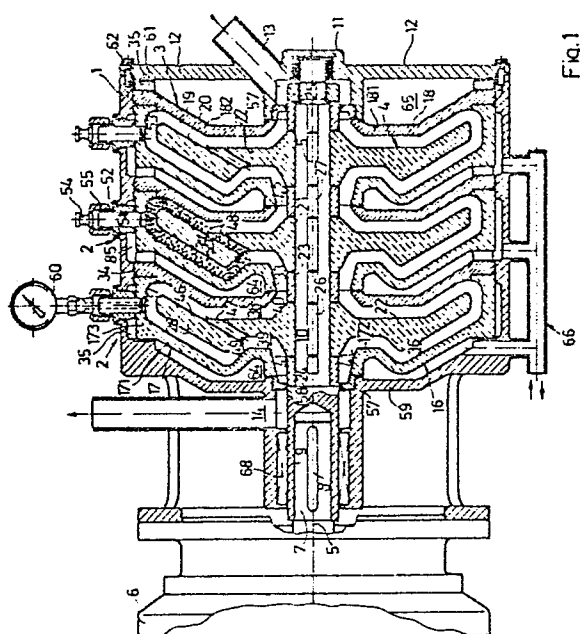

 Anmelder: **FRYMA-MASCHINENBAU GmbH**  
**Güterstrasse 18**  
**D-7888 Rheinfelden(DE)**


 Erfinder: **Bühler, Gerhard**  
**Birsstrasse 7**  
**D-7888 Rheinfelden(DE)**


 Vertreter: **Braito, Herbert, Dipl.-Ing.**  
**Postfach 1140 Martin-Luther-Strasse 1**  
**D-7950 Biberach/Riss 1(DE)**


**Spalt-Kugelmühle zum kontinuierlichen Feinzerkleinern, insbesondere Aufschliessen von Mikroorganismen und Dispergieren von Feststoffen in Flüssigkeit.**


 In einem Mühlengehäuse (1) mit Deckel (12) sitzen axial hintereinander drei Mahleinheiten (2), jeweils mit einer Rotorscheibe (20) zwischen zwei Statorscheiben (17, 18). Die Rotorscheiben (20) sind innen auf der Rotorwelle (10) festgelegt, die Statorscheiben (17, 18) außen am Gehäusemantel. Zwischen den Statorscheiben sind um die Rotorscheiben herum einzelne Mahlspalte (36) gebildet, die sich im Längsschnitt serpentinartig aneinanderfügen, wobei die Außenteile der Mahlspalte einzelne Spaltschleifen (37) bilden, deren innere Enden durch Kugelrückführkanäle (47) kurz geschlossen sind. Die Mahlkörper (48) werden im Betrieb durch Fliehkräfte nach aussen geschleudert und in den Spaltschleifen konzentriert, können also von Stufe zu Stufe getrennt gehalten werden und unterschiedliche Größe haben. Die einzelnen Mahlstufen lassen sich als Ganzes auswechseln, ebenso getrennt die rotationssymmetrischen Rotor- und Statorscheiben. Sie können verschiedenartige Querschnitte mit Einfach- oder Mehrfach-Umlenkung haben. Der Bearbeitungsdruck für das durch die Serpentinahlspalte hindurchgeführte Mahlgut läßt sich allein durch die Drehzahl exakt bemessen, so daß Mikroorganismen gewonnen werden, ohne daß Zellflüssigkeit ausläuft oder in den Werkstoff verarbeitet wird.



**EP 0 290 840 A2**

## Spalt-Kugelmühle zum kontinuierlichen Feinzerkleinern, insbesondere Aufschließen von Mikroorganismen und Dispergieren von Feststoffen in Flüssigkeit

Kugelmühlen dieser Art sind in verschiedener Ausführung bekannt. Mit dem Begriff "Kugeln" sollen nicht ausschließlich die bevorzugten exakt sphärisch gestalteten Mahlkörper verstanden werden, sondern grundsätzlich alle Mahlkörper ähnlicher Konfiguration, die geeignet sind, durch Abwälzen aneinander und an den Begrenzungsflächen des Mahlraumes eine Zerkleinerung der Festkörperteilchen des Mahlgutes zu bewirken.

In der Regel werden feingeschliffene Kugeln aus hartem verschleißfesten Stahl, Hartmetall, Glas oder Keramik eingesetzt, es kommen aber auch Mahlkörper aus anderen Werkstoffen zum Einsatz. Früher hat man Sandkörner verwendet, die sich oft erst beim Vormahlvorgang hinreichend abwälzbar gestalten ließen.

Durch die CH-PS 639 567 ist bereits eine für kontinuierlichen Betrieb eingerichtete Spalt-Kugelmühle bekannt, bei der ein die Mühlenachse mit radialem Abstand umgebender im Querschnitt keilförmiger Verdrängungskörper des Rotors in einen ebenso geformten Mahlraum des Stators eingreift. Das Mahlgut umläuft dabei den ganzen an einer Rotorscheibe angebrachten Verdrängungskörper in einer langdauernden Beschleunigungsphase um die Keilnase herum und wird um den halben Umlaufradius zum Auslaß nach innen geführt.

Die grundsätzlich gleichsinnig mit dem Mahlgut umlaufenden Mahlkörper werden jedoch vor dem Auslaß durch eine Trennvorrichtung ausgesondert und durch einen schräg nach außen durch die Rotorscheibe hindurchgeführten Kugelrückführkanal unter Fliehkraftwirkung in den Einlaßbereich des Mahlgutes zurückgefordert, von wo sie erneut auf ihre geschlossene Umlaufbahn gelangen.

Auf diese Weise wird große Energiedichte auf kleiner Fläche bzw. auf kleinem Raum konzentriert, was hohe Mahlleistung bei kleinen Mühlenabmessungen und geringem Herstellungsaufwand ermöglicht. Dabei erfordert jedoch die Ausbildung der Trennvorrichtung und der Kugelrückführereinrichtung besondere Sorgfalt, um die Gefahr eines Kugelstaus zu vermeiden. Dies zumal dort die zusammenwirkenden Teile wie Rotor und Stator einstückig ausgeführt sind und nur als Ganzes ausgetauscht bzw. zur Reparatur gegeben werden können.

Es gibt zwar andere bekannte Ausführungen, insbesondere bei Ringspaltmühlen, wobei mahlaktive Teile auswechselbar vorgesehen sind, wie etwa nach der DE-PS 35 26 724, aber dies führt vor allem bei schnelllaufenden Mühlen zu besonderen Problemen beim Wechselvorgang und bei der Halterung der auswechselbaren Mühlenelemente. Auf

diese Weise können zwar auch mehrstufige und ggf. unterschiedliche Mahlvorgänge hintereinandergeschaltet werden, und es sind Rotor- und Statorscheiben mit axialen Durchbrechungen vorgesehen. Bei großem Gutdurchsatz müssen aber sämtliche umzuwälzende Mahlkörper von einer einzigen Trennvorrichtung angehalten werden. Die große Anzahl der Mahlkörper kann dadurch leicht kompaktiert werden und die Mühle blockieren.

Die Erfindung geht aus von der eingangs definierten Spalt-Kugelmühle und verfolgt die Aufgabe, diese Mühle, vornehmlich zum Aufschließen von Mikroorganismen, auf möglichst einfache Weise so weiterzubilden, daß sie ohne die Gefahr und Nachteile einer Kugelstaubildung für vielseitige Aufgaben eingesetzt werden kann und sich leicht instandhalten läßt, also mit geringen Stillstandszeiten auskommt.

Eine Spalt-Kugelmühle zum kontinuierlichen Feinzerkleinern, insbesondere zum Aufschließen von Mikroorganismen und Dispergieren von Feststoffen in Flüssigkeit weist erfindungsgemäß die nachstehenden Merkmale auf:

a) in einem Mühlengehäuse sind Statorscheiben leicht auswechselbar mit ihrem Außenrand festgelegt und

b) einander wenigstens paarweise so zugeordnet und angepaßt, daß sie zwischen sich eine von der Mühlenachse etwa radial erstreckte Statoreinheit mit einer rotationssymmetrischen Mahlraumeinheit bilden.

c) Zentrisch durch die Statoreinheit ist eine an einen Drehantrieb angeschlossene Mühlenwelle erstreckt und wenigstens mittelbar an einem Ende im Mühlengehäuse gelagert.

d) Die Mühlenwelle trägt mindestens eine leicht auswechselbare Rotorscheibe, die mit zwei Statorscheiben in der Mahlraumeinheit einen rotationssymmetrischen Mahlpalt bildet und

e) sich von der Mühlenachse aus allseits etwa radial erstreckt und im Axialschnitt eine nach außen hin geschlossene Spaltschleife bildet,

f) die durch vorzugsweise wenigstens zwei Kugelrückführkanäle, die sich als Zentrifugal-Leitelemente von der Mühlenachse weg nach radial/außen erstrecken, kurzgeschlossen ist.

Hier sind zunächst alle für den Mahlvorgang wesentlichen Teile, insbesondere die Statorscheiben und die Rotorscheiben, als Ganzes leicht auswechselbar vorgesehen. Dies mindert nicht nur die Verlustzeiten bei Ausbesserungen, sondern ermöglicht auch den gezielten Einsatz besonderer Werkstoffe nach den örtlich auftretenden Beans-

pruchungen, was sich trotz der Verwendung teurer Werkstoffe an einzelnen Stellen, evtl. in Form dünner Oberflächenschichten, als preisgünstig erweist. Vor allem aber wird ein Kugelumlaufbereich in den mittleren Teil der Mahleinheit verlegt und damit die Mahlkörper mit Abstand vom Auslaß der Einheit gehalten. Dort wird sicherheitshalber auch wieder eine Art Trenneinrichtung in Form eines Reibspaltes oder dergleichen vorgesehen, aber es ist vermieden, daß sich die Masse der Mahlkörper vor einer solchen Trenneinrichtung ansammeln und damit sich in der Mühle kompaktieren kann.

Die Gestaltung aus einzelnen, teils identischen, teils einzeln oder in Gruppen auswechselbaren Bauelementen innerhalb einer Mahleinheit hat ferner den Vorteil, daß sich ohne weiteres eine nahezu beliebige Anzahl einzelner Mahleinheiten aneinanderfügen lassen, was lediglich unterschiedliche, ggf. wieder aus Einzelelementen zusammengesetzte Mühlengehäuse mit Antriebswellen erfordert. Im Prinzip kann man auch in einem größeren Gehäuse nach Bedarf eine oder mehrere Mahleinheiten betreiben, die jeweils ihren eigenen geschlossenen Mahlkörperumlauf besitzen. Die einzelnen Mahlstufen lassen sich daher mit unterschiedlich großen Mahlkörpern beschikken, etwa dergestalt, daß in der ersten Mahleinheit mit größeren Mahlkörpern, in den nächstfolgenden Mahleinheiten jeweils mit stufenweise dünneren Mahlkörpern gearbeitet wird. Dies wiederum ermöglicht eine Steigerung der Intensität und Gleichmäßigkeit der Zerkleinerungsvorgänge, eine wenigstens im Mittel gesteigerte Energiedichte und dadurch bei verringertem Mühlenvolumen höhere Leistung.

Das aber läßt sich ohne weiteres erreichen, wenn man nur dafür sorgt, daß durch Gestaltung der unterschiedlichen Strömungswege von Mahlkörpern und Mahlgut an der Trennstelle entsprechend differenzierte und unterschiedlich gerichtete Kräfte zur Einwirkung kommen, wobei die Aussonderung der Mahlkörper vornehmlich durch entsprechend erhöhte Fliehkkräfte bewirkt wird und der Ablenkungswinkel so groß ist, daß das Mahlgut, Trägheit und Druckgefälle folgend, auf der vorgegebenen Bahn weiterströmt. Besser ist es noch, die Mahlkörper der einzelnen Mahleinheiten durch mechanische Trenneinrichtungen wie Reibspalte zu separieren.

Die Ausgestaltung ist zudem noch verhältnismäßig einfach, da es vornehmlich um Rotationsformen an Statorscheiben und Rotorscheiben geht, was durch herkömmliche Fertigungsmethoden preisgünstig bewerkstelligt werden kann. Dabei lassen sich die Strömungswege auf kleinstem Raum verhältnismäßig lang und daher die Einwirkungszeit verhältnismäßig groß gestalten.

Zudem können vor allem die Rotorscheiben verhältnismäßig großen Querschnitt mit entspre-

chender Dicke erhalten, was auch bei biege- und zugempfindlichem Werkstoff wie Keramik die Bruchfestigkeit steigert.

Die erfindungsgemäße Spalt-Kugelmühle eignet sich vorzüglich zum Aufschließen von Mikroorganismen bzw. Mikroben, deren Auswertung besondere Bedeutung für die Biotechnik zukommt. Solche Mikroben bestehen aus einer kapselartigen Zelle mit einer Zellflüssigkeit, die einen arteigenen Wirkstoff aufweist, der möglichst vollständig gewonnen werden sollte. Zur mechanischen Gewinnung ist bereits die Naßvermahlung in Rührwerkskugelmühlen vorgeschlagen worden. Die dort erzielte Ausbeute ist jedoch noch begrenzt. Dabei ist der Gewinnungsanteil maßgeblich bestimmt durch den beim Mahlvorgang angewendeten Druck. Wegen der gummiartigen Elastizität der Zellwand bleibt die Zelle bei zu geringem Druck unter elastischer Verformung intakt. Bei zu hohem Druck werden Zellwand, Zellflüssigkeit und Wirkstoff oft so stark ineinander verarbeitet, so daß die später durchzuführende Trennung erschwert wird. Bei der erfindungsgemäßen Spalt-Kugelmühle läßt sich jedoch der aufzuwendende Druck weitgehend vorausbestimmen und ggf. einstellen, um optimale Aufschluß- und Gewinnungsverhältnisse zu erzielen.

Gerade für die Biotechnik ist aber auch die Möglichkeit einer intensiven Sterilisierung der mit dem Mahlgut in Berührung kommenden Flächen von erheblicher Bedeutung. Beim Erfindungsgegenstand wird sehr weitgehend mit großen glatten Flächen gearbeitet, die keine scharfkantigen Teile, Winkelecken, Nuten oder dergleichen aufweisen, welche die Bildung von Verunreinigungsnestern zulassen. Diese Flächen lassen sich daher leicht und gründlich sterilisieren.

Weitere Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung sind in den Unteransprüchen festgehalten und sollen jetzt anhand der Zeichnung ausführlicher erläutert werden.

Die Zeichnung gibt eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung beispielsweise wieder. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemäße Spalt-Kugelmühle,

Fig. 2 eine Ansicht einer Rotorscheibe von links in Fig. 1 gesehen,

Fig. 3 einen der Fig. 1 entsprechenden Axialschnitt mit geänderter Mahlsplattform,

Fig. 4 den zugehörigen Längsschnitt durch eine Rotorscheibe und

Fig. 5 eine weitgehend der Fig. 2 entsprechende Stirnansicht einer solchen Rotorscheibe.

Die in den Fig. 1 und 2 dargestellte Spalt-Kugelmühle besteht im wesentlichen aus einem Mühlengehäuse (1), das drei Mahleinheiten (2) aus einem mehrteiligen Stator (3) und einem ebenfalls mehrteiligen Rotor (4) aufnimmt, der die Mühle-

nachse (5) umläuft und von einem insbesondere regelbaren Elektromotor (6) angetrieben wird.

Dieser Motor (6) ist am ortsfest angebrachten Mühlengehäuse (1) angeflanscht. Der Motorzapfen (7) greift dabei drehfest mit Keil (8) in die am linken Ende in Fig. 1 angebrachte Bohrung (9) der Rotorwelle (10). Deren anderes Ende sitzt mit einem Zapfenlager (11) in einem Außendeckel (12), der das topfartige Mühlengehäuse (1) abschließt und den Gutauslaß (13) aufnimmt.

Jeder der drei Mahleinheiten (2) umfaßt eine Statoreinheit (16) mit einer ersten Statorscheibe (17) und einer zweiten Statorscheibe (18). Diese bilden jeweils zwischen sich eine Mahlraumeinheit (19), in der eine als Reibscheibe ausgebildete Rotorscheibe (20) umläuft.

Die einzelnen Rotorscheiben (20) des Mehrstufen-Rotors (4) sitzen mit ihren Naben (21), durch Abstandsbuchsen (23) getrennt, hintereinander auf der Rotorwelle (10) zwischen deren Schulter (24) und der zum Zapfenlager (11) hin aufgeschraubten Mutter (25). Die Abstandsbuchsen (23) können grundsätzlich gleiche Länge haben, werden aber vorzugsweise in leicht abweichenden Längen vorrätig gehalten, um die Lage der Rotorscheiben (20) exakt festlegen zu können.

Zur Drehmomentübertragung dienen einzelne, auf die Länge der Naben (21) abgestimmte zylindrische Polygonprofil-Mitnahmebolzen (26), die in einer durchgehenden längslaufenden, annähernd halbzyklindrischen Nut (27) der Rotorwelle (10) sitzen. Die ersten Statorscheiben (17) haben einen mittleren, kegelförmigen Teil (171) mit einer Neigung von 60° zur Mühlenachse (5). Innen schließt sich ein S-förmiger Teil (171) an und außen ein angenähert zylindrischer Teilflansch (173). Jede zweite Statorscheibe (18) hat dagegen einen inneren, etwa ebenen Teil (181) mit einem äußeren kegelförmigen Teil (182), dessen Mantellinie mit der Mühlenachse (5) wiederum einen Winkel von 60° einschließt. Sie enden jeweils innen und außen in Radialflächen und sind dort gegeneinander und gegenüber dem Mühlengehäuse (1) durch Dichtungsringe (33,34) und Auflageringe (35) abgedichtet, wobei vor allem die letzteren für eine nachgiebige und dämpfende Stützwirkung sorgen.

Jede Rotorscheibe (20) erweitert sich von ihrer Nabe (21) aus zunächst mittels eines etwa ebenen Zwischenteiles (22) zu einem äußeren Kegelring (28), der weitgehend in der Mitte der Mahlraumeinheit (19) zwischen kegelförmigen Teilen (171,182) der beiden Statorscheiben (17,18) zu liegen kommt, wodurch rings um die ganze Rotorscheibe (20) ein etwa gleich breiter Mahlspace (36) geformt wird, der eine nach radialaußen geschlossene Spaltschleife (37) um den Kegelring (28) bildet. Die Spaltschleife (37) steht über etwa radial verlaufende Verbindungsspalte (38,39) mit An-

schlußspalten (40,41) und dadurch mit den radialen Endflächen (42) der durch die Statorscheiben (17,18) gebildeten Statoren der einzelnen Mahleinheiten (2) in Verbindung.

Dicht an der Innenfläche (46) des Kegelringes (28) sind die oberen Enden der Verbindungsspalte (38,39), jeweils durch wenigstens zwei Kugelrückführkanäle (47) verbunden, die ebenfalls um etwa 60° zur Rotorachse (5) geneigt sein können bzw. nach Fig.2 spiralförmig verlaufen. Dadurch werden auf schwere Partikel, insbesondere auf die Mahlkörper (48), größere Fliehkräfte ausgeübt als auf die unter Pumpendruck weitergeführten Festkörperteilchen des Mahlgutes. Um diesen Effekt zu vergrößern, werden die Mahlkörper (48) vorzugsweise aus Keramik gefertigt. Sie können aber auch aus spezifisch besonders schwerem Gestein bestehen. Auf diese Weise läßt sich erreichen, daß die Mahlkörper, wie dies in der mittleren Mahleinheit in den Figuren 1 und 1a gezeigt ist, auf einer durch wenigstens zwei Kugelrückführkanäle (47) geschlossenen räumlichen Ringbahn rotieren, also in der jeweiligen Mahleinheit verbleiben.

Der Trennvorgang kann ferner dadurch beeinflusst werden, daß man einen Winkel verändert, etwa die Neigung des Zwischenspaltes (49) der inneren Randfläche des Kegelringes (28).

Die Mahlkörper (48) können auch in jede Mahleinheit gesondert durch ein Füllrohr (51) eingefüllt werden, das in einer Haltebuchse (52) im Mühlengehäuse (1) und unmittelbar in einer Bohrung (53) des die Schleife (37) überdeckenden Ringflansches (173) sitzt. Normalerweise ist das Füllrohr (51) durch einen Stopfen (54) verschlossen, der durch eine aufgeschraubte Überwurfmutter (55) gehalten wird. Anstelle des Stopfens (54) kann auch ein Meßtaster oder ein Meßgerät (56), etwa für Druck, Temperatur, Viskosität oder dgl. des Mahlgutes ein-bzw. aufgesetzt werden.

Der Guteinlaß (13) ist ebenso wie der Gutauslaß (14) gegenüber dem benachbarten Mahlspace durch einen Reibspaltring (57) abgeschlossen, der zwischen dem Gehäusesteg (59) bzw. dem Außendeckel (12) und der dort jeweils vorhandenen Abstandsbuchse (23) eingefügt ist. Die dadurch gebildeten, sich nach außen erweiternden Reibspalte (58) dienen zur Sicherung gegen den Verlust von Mahlkörpern, die aus irgendeinem Grund, z.B. beim Anfahren, ihre Umlaufbahn in der Spaltschleife (37) verlassen haben. Bei einem zwischenzeitigen Stillstand der Mühle sammeln sich solche Mahlkörper unten in der Spaltschleife (37) und werden beim Anlauf wieder nach außen geschleudert und dadurch in der Mahlschleife verteilt.

Zwischen benachbarten Statoren (17,18) können Distanzringe (61) eingeschaltet werden, um die axialen Abstände zwischen den Statoren, aber auch zwischen Stator- und Rotorscheiben beeinflus-

sen zu können. Abweichend von der dargestellten Ausführung mit Distanzringen und dgl. können auch Vorrichtungen zum kontinuierlichen Verstellen mittels Druckschrauben oder dgl. zum Einsatz kommen. Beispielsweiselassen sich auch die Schrauben (62) am Außendeckel (12) für solche Einstellvorgänge heranziehen.

An den Längsenden der Mühle sind außen Kühlräume (64,65) vorgesehen, zwischen benachbarten Mahleinheiten (2) ebenfalls ringförmige Kühlräume (64). Diese stehen einzeln mit Mantel-Kühlräumen (85) in Verbindung, die jeweils zwischen dem Mantel des Mühlengehäuses (1) und dem Ringflansch (172) der zugehörigen ersten Statorscheibe (17) eingeformt sind.

In den Distanzringen (61) sind dabei etwa radiale Durchbrechungen zum Anschluß der Mantel-Kühlräume (85) an den Kühlmittelkreislauf angebracht. Anstelle eines Kühlmittels kann auch ein anderes Wärmeträgermedium, etwa zum Aufheizen oder zum wahlweisen Kühlen und/oder Heizen verwendet werden. Alle Kühlräume sind dabei z.B. über zwei unter 180° zur Mühlenachse (5) versetzte Rohrverzweiger (66) an eine Kälte- und/oder Wärmequelle angeschlossen, um die Betriebstemperatur beim Mahlvorgang nach Bedarf einstellen zu können.

Statorscheiben (17,18) und Rotorscheiben (20) bestehen aus gesintertem Keramikwerkstoff mit großer Temperaturbeständigkeit und Abriebfestigkeit. Die Druckfestigkeit dieser Werkstoffe ist für die auftretenden Beanspruchungen hinreichend. Um jedoch die insbesondere auch durch Fliehkräfte verursachte Zugbeanspruchung zu kompensieren, können einerseits die Rotorscheiben in an sich bekannter Weise als vorgespannte Konstruktionselemente ausgeführt werden. Andererseits ist der Druck der Kühlflüssigkeit wesentlich höher bemessen, als dies bei vergleichbaren Kühlanlagen der Fall ist. Dadurch werden die Statoren aus den Mantel-Kühlräumen (85) heraus radial nach innen zusammengepreßt, um wenigstens die aus Fliehkräften und dgl. herrührenden Ausdehnungs-Verformungen zu kompensieren. Auch die Statorscheiben können in mechanischer Weise vorgespannt werden.

Um kleine Durchmesser zu erhalten, empfiehlt sich die Verwendung von zwei oder mehr, ggf. bis zu fünf oder mehr Mahleinheiten. Dadurch ist eine relativ große Zahl identischer Einzelelemente erforderlich, die eine Herstellung in größerer Serie und damit eine Verbilligung auch bei komplizierter Technik ermöglicht.

Vor Betriebsaufnahme sollten bei Bearbeitung von kontaminationsempfindlichem Gut, etwa für die Lebensmittel- und Pharmaindustrie bzw. die Biotechnik, die Mahlräume bzw. Mahlspalte und andere mit dem Mahlgut in Berührung kommende Flä-

chen ebenso wie die Kühl- bzw. Temperiermittel führenden Räume weitgehend sterilisiert werden. Dies geschieht nach den vorangehenden Reinigungsvorgängen vornehmlich dadurch, daß Dampf mit einem Druck, der etwa 1 bar größer ist als der übliche Mahldruck, durch diese Räume hindurchgeleitet wird, wobei man die Temperatur ständig bis auf einen Maximalwert von etwa 140° C steigert. Dieser Höchstwert wird für eine bestimmte Zeit aufrechterhalten, die von verschiedenen Betriebsfaktoren abhängig ist und zweckmäßigerweise durch Versuche festgelegt wird.

Nach Anlaufen des Motors (6) wird Mahlgut kontinuierlich dem Einlaß zugeführt und strömt durch den serpentinartigen Ringspalt von einer Mahleinheit zur nächsten, bis es aus dem zweiten Reibspalt (58) zum Gutauslaß (14) gelangt, der durch eine Gleitringdichtung (68) zum Motor hin abgeschlossen ist.

Die ggf. in verschiedenen Größen vorgesehenen Mahlkörper werden noch im Stillstand der Mühle eingefüllt, sie haben in der Regel einen Durchmesser von 0,3 bis 3 mm und werden klassifiziert zugegeben, etwa in die rechte Mahleinheit mit einem Durchmesser von 3 mm, in die mittlere mit 1,5 mm und in die linke mit 0,8 mm. Beim Anlauf werden die Kugeln, die sich zunächst am Boden der Spaltschleife (37) angesammelt haben, auf den restlichen Teil der ringförmigen Spaltschleife verteilt und zyklisch nach außen geschleudert und durch die Fliehkräfte im Bereich der Mahlschleife konzentriert. Statt eines einzigen Rückführkanals (47) sind zweckmäßigerweise deren mehrere - nach Fig. 2 sechs - gleichmäßig am Umfang verteilt vorgesehen, je nachdem, welche Umlaufgeschwindigkeit der Kugeln im Hinblick auf das verarbeitete Gut angestrebt wird.

Beim Umlauf werden die Mahlkörper stets an der sich in Verlängerung des Kugelrückführkanals anschließenden Innenfläche (46) gegen den äußeren Kegelring (28) gepreßt, wobei eine Art Hochleistungsmahlgang bewirkt wird, während beim Rücklauf aus der Spaltschleife (37) zum Zwischenspalt (49) hin sich die Anlagekräfte mindern und bei geringerer spezifischer Mahlleistung der Mahlvorgang vergleichmäßig und vervollständigt wird. Es werden also drei voneinander weitgehend unabhängige und auch unterschiedliche Mahlzyklen durchlaufen, bis das Mahlgut zum Auslaß (14) gelangt. Es lassen sich daher hochfeine und besonders gleichmäßige Dispersionen in verhältnismäßig kurzer Zeit erstellen.

Bei der abgewandelten Ausführung gemäß den Fig. 3 bis 5 sind gleiche Bauteile mit den selben Bezugszeichen versehen, wobei abgewandelte Ausführungen durch einen hochgestellten Strich gekennzeichnet sind.

Der Unterschied dieser zweiten Ausführung ge-

genüber der erstbeschriebenen besteht im Prinzip darin, daß im Querschnitt eines jeden Mahlpaltes (36'), insbesondere der Spaltschleife (37') in beiden Strömungszweigen eine zusätzliche Ringsicke bzw. Umlenkung angebracht ist, wobei an den Stirnseiten (71) und (72) zum Beispiel des Rotors sich jeweils ringförmige Erhebungen (73) und Vertiefungen (74) abwechseln. Die Stirnflächen sind hier wie insgesamt vor allem der Außenteil der Rotorscheibe (20) im Querschnitt zickzackförmig gestaltet. Sie können auch wellenartige Gestalt haben. Nach Möglichkeit sollten jedoch die einander zugeordneten Flächen, beispielsweise die zum Außenrand (75) hinführenden Endflächen (76) und (77) wenigstens annähernd parallel zueinander verlaufen und gegebenenfalls auch gleichbleibende Abstände haben. Dies gilt auch für die an den Statorscheiben (17') und (18') vorgesehenen Stirnflächen (78) und (79). Der äußere Kegelring (28) nach Fig. 1 wird dadurch zu einem Z-Flansch (80) mit der Querschnittsform einer Rune. Entsprechend gestaltet ist die den Z-Flansch umschließende Spaltschleife (37') der beiden Arme des Mahlpaltes (36').

Diese beiden Mahlpaltarme sind durch am unteren Ende des Z-Flansches angebrachte Kugelrückführkanäle (47') verbunden. Die Mahlkugeln werden auch hierbei zunächst in Strömungsrichtung eingeführt und am Austritt aus dem Kugelrückführkanal (47') scharf nach außen umgelenkt, sodaß sie während des Betriebes jeweils in ihrer Spaltschleife (37'), d.h. in den beiden äußeren Teilen der Mahlpaltarme konzentriert bleiben. Hierbei sind die Kugelrückführkanäle (47') so wie die nicht erwähnten Teile und Anordnungen in der gleichen Weise ausgebildet wie in den Fig. 1 und 2, sodaß auf die restlichen Teile der zweiten Ausführungsform nicht eingegangen werden muß.

Die dargestellten Ausführungsformen können in mancherlei Weise abgewandelt werden, ohne daß der Erfindungsbereich verlassen wird. So kann die Mahlpaltschleife (37) etwa der mit geraden Mantellinien versehenen Kegelflächen durch konkav und/oder konvex gewölbte Kegeltonnenflächen oder dgl. gebildet werden, so daß die Schleife etwa eiförmigen oder ellipsenförmigen Querschnitt erhält. Die Winkel der Mantellinie zur Mühlenachse können gleich oder unterschiedlich gewählt sein, und die Rotorscheiben können am ganzen Umfang einen Drehschluß mit der Rotorwelle bilden, etwa daß sie einen polygonalen Querschnitt, insbesondere dreieckförmig und mit abgerundeten Ecken bzw. mit quer zur Rotorachse gewölbten Seitenflächen bilden.

## Ansprüche

1. Spalt-Kugelmühle zum kontinuierlichen Feinzerkleinern, insbesondere Aufschließen von Mikroorganismen und Dispergieren von Feststoffen in Flüssigkeit, mit folgenden Merkmalen:

a) In einem Mühlengehäuse (1) sind Statorscheiben (17,18) leicht auswechselbar mit ihrem Außenrand festgelegt und

b) einander wenigstens paarweise so zugeordnet und angepaßt, daß sie zwischen sich eine von der Mühlenachse (5) etwa radial erstreckte Statoreinheit (16) mit einer rotationssymmetrischen Mahlraumeinheit (19) bilden.

c) Zentrisch durch die Mahlraumeinheit (19) ist eine an einen Drehantrieb angeschlossene Rotorwelle (10) erstreckt und wenigstens mittelbar an einem Ende im Mühlengehäuse (1) gelagert.

d) Die Rotorwelle (10) trägt mindestens eine leicht auswechselbare Rotorscheibe, die mit zwei Statorscheiben (17,18) in der Mahlraumeinheit (19) einen Mahlpalt (36) bildet und

e) sich von der Mühlenachse (5) aus allseits etwa radial erstreckt und im Axialschnitt eine nach außen hin geschlossene Spaltschleife (37) bildet,

f) die durch vorzugsweise wenigstens zwei Kugelrückführkanäle (47), die sich als Zentrifugal-Leitelemente von der Mühlenachse (5) weg nach radial/außen erstrecken, kurzgeschlossen sind.

2. Spalt-Kugelmühle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Mahleinheiten (2) aus jeweils einer Statoreinheit (16) und einer Rotorscheibe (20) längs der Mühlenachse (5) aneinandergefügt sind und zwischen Guteinlaß (13) und Gutauslaß (14) im Querschnitt einen als Mehrstufen-Serpentine geformten zusammenhängenden Mahlpalt (36) bildet.

3. Spalt-Kugelmühle nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Statorscheiben (17,18) mit ihrem Außenrand im Mühlengehäuse (1) und die Rotorscheiben (20) mit ihrem Innenrand auf der Rotorwelle (10) axial verspannt sind.

4. Spalt-Kugelmühle nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch auf der Rotorwelle (10) zwischen den Rotorscheiben (20) eingefügte Abstandsbuchsen (26) zum Einstellen der Mahlpaltweite (36).

5. Spalt-Kugelmühle nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Statorscheiben (17,18) auf wenigstens einer Seite jeweils von einem von Wärmetauschermedium durchströmten Kühlraum (64,65) begrenzt sind.

6. Spalt-Kugelmühle nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein ringförmiger Mantel-Kühlraum (85) auch zwischen der radialen Außenfläche des Stators (3) und der Innenfläche des Mühlengehäuses (1) gebildet ist.

7. Spalt-Kugelmühle nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils eine Statorscheibe (17), insbesondere einstückig, mit einem äußeren Ringflansch (173) versehen ist, der den ringförmigen Mantel-Kühlraum (85) innen begrenzt und mittels wenigstens zweier Ringdichtungen (34) gegenüber einer als Deckel für die Mahlaumeinheit (19) wirkenden zweiten Statorscheibe (18) abgedichtet ist.

8. Spalt-Kugelmühle nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck wenigstens in dem ringförmigen Mantel-Kühlraum (85) um mindestens 1 bar größer ist als im Mahlspace (36), insbesondere 2 bis 3 bar beträgt.

9. Spalt-Kugelmühle nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Mahlspace einer Mahleinheit (2) dicht um die Mühlenwelle (10) zwei entgegengesetzt gerichtete und jeweils in einer vornehmlich radialen Endfläche (45) endende Anschlußspalte (40,41) für nach radial außen führende Verbindungsspalte (38,39) aufweist, die zu der mit Kugelrückführkanal (47) versehenen Mahlspace (37) geführt sind.

10. Spalt-Kugelmühle nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Mahlspace (37) überwiegend zur Mühlenachse (5) geneigt angeordnet und durch wenigstens annähernd parallele, vorzugsweise stumpfwinklige Kegelspalte gebildet sind.

11. Spalt-Kugelmühle nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Mahlspace (37) wellen- oder zickzackförmig durch konzentrische und einander entsprechende ringförmige Vertiefungen und Erhebungen in den Oberflächen der Statorscheiben (17,18) und Rotorscheiben (20) eingeformt sind.

12. Spalt-Kugelmühle nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kugelrückführkanäle (47) so in die Spaltschleife eingefügt sind, daß die Mahlkörper (48) wenigstens annähernd tangential in die nach außen gerichtete Gutströmung eintreten, am Kanal-Eingang jedoch aus der nach innen gerichteten Gutströmung scharf nach radial außen zurückgeschleudert werden.

13. Spalt-Kugelmühle nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Kugelrückführkanal (47) jeweils in der Verlängerung einer Mantelfläche eines inneren Spaltabschnittes angeordnet, vorzugsweise nach Art eines Schleuderpumpenkanals spiralförmig gekrümmt ist.

14. Spalt-Kugelmühle nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Kugelrückführkanal (47) mit der Mühlenachse (5) jeweils einen Winkel von 50° bis 67°, insbesondere 60° bis 62° bildet und an der Umlenkstelle des kurzen inneren Schleifenteils (Zwischenspace (49)) in den zugehörigen etwa radialen Verbindungsspace (38,39) übergeht.

15. Spalt-Kugelmühle nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß zum Rückhalten der Mahlkörper (48) an Guteinlaß (13) und Gutauslaß (14) abschließend einen Reibspace (58) bildende Reibspace (57) angeordnet sind.

16. Spalt-Kugelmühle nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß Rückhalteeinrichtungen für Mahlkörper (48), insbesondere Reibspace (57), auch zwischen benachbarten Mahleinheiten (2) im Mahlspace (36) vorgesehen sind.

17. Spalt-Kugelmühle nach Anspruch 4 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandsbuchsen (23) gegeneinander und gegenüber der Rotorwelle (10) abgedichtet sind.

18. Spalt-Kugelmühle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Mahlaumeinheit (2) ein durch den Mantel-Kühlraum (85) abgedichtet hindurchgeführter Kugelrückführkanal zugeordnet ist.

19. Spalt-Kugelmühle nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Kugelrückführkanal ein Füllrohr (51) aufweist, das auswechselbar in einer gegenüber dem Mühlengehäuse (1) und dem Ringflansch (172) abgedichteten Einsatzbuchse (52) sitzt.

20. Spalt-Kugelmühle nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Füllrohr (51) durch einen Stopfen (54) verschließbar ist und statt diesem wahlweise einen Meßtaster (60) für Betriebswerte wie zum Beispiel Druck, Temperatur oder dgl. aufnimmt.

21. Spalt-Kugelmühle nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens die als Reibscheibe dienende Rotorscheibe (20), insbesondere auch die Statorscheiben (17,18), aus Sinterwerkstoff besteht bzw. bestehen.

22. Spalt-Kugelmühle nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens die Rotorscheibe (20) aus Keramikwerkstoff mit abriebfestem Kornmaterial besteht.

23. Spalt-Kugelmühle nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Rotorscheiben (20) mit einer unrunder kantenfreien Durchbrechung auf der ebenso unrunder Rotorwelle (10) sitzen.

24. Spalt-Kugelmühle nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Eingriffsquerschnitt zwischen Rotorscheiben (20) und Rotorwelle (10) auf der Grundform eines Vielecks, insbesondere eines Dreiecks aufgebaut ist.

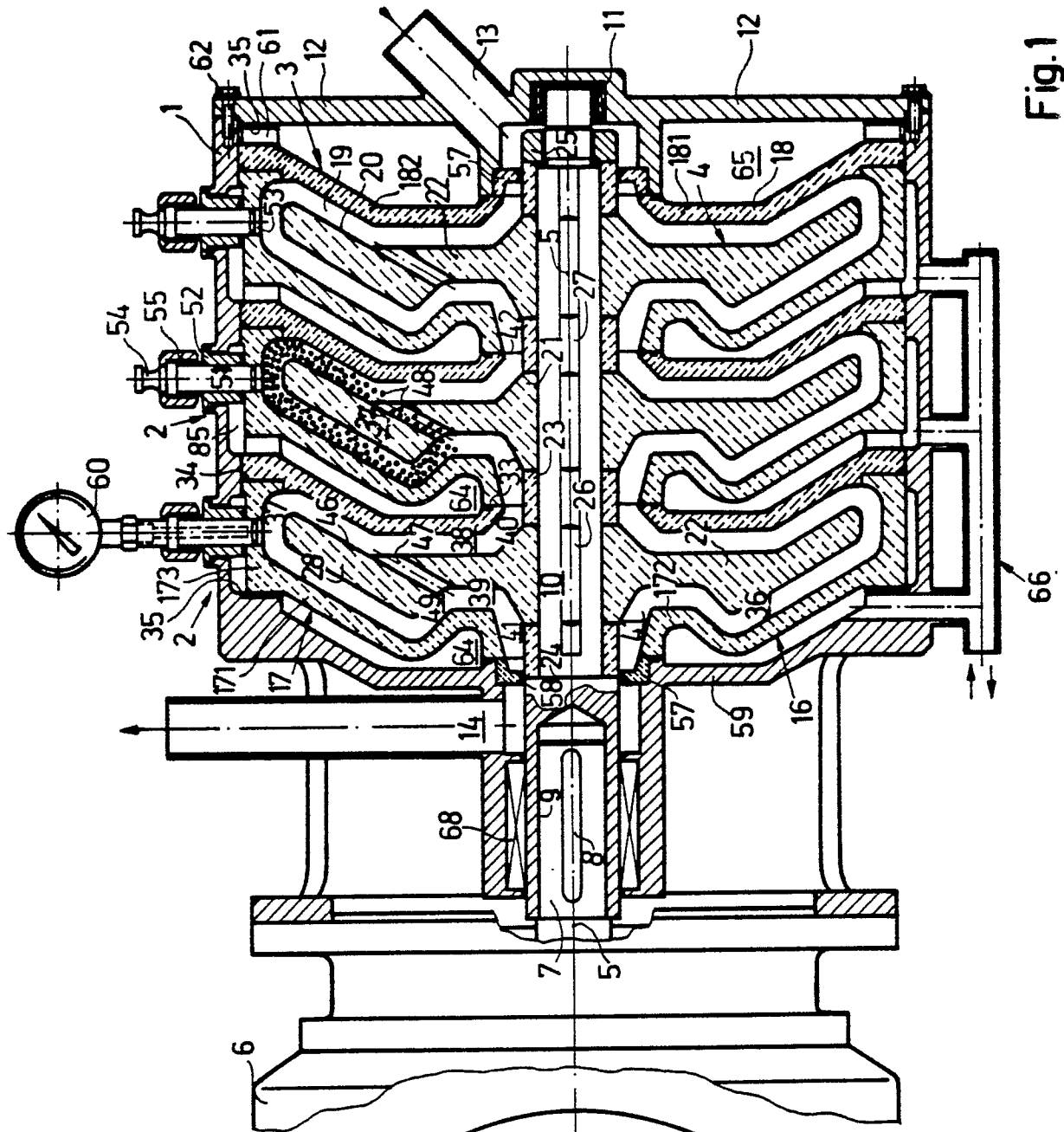


Fig. 1

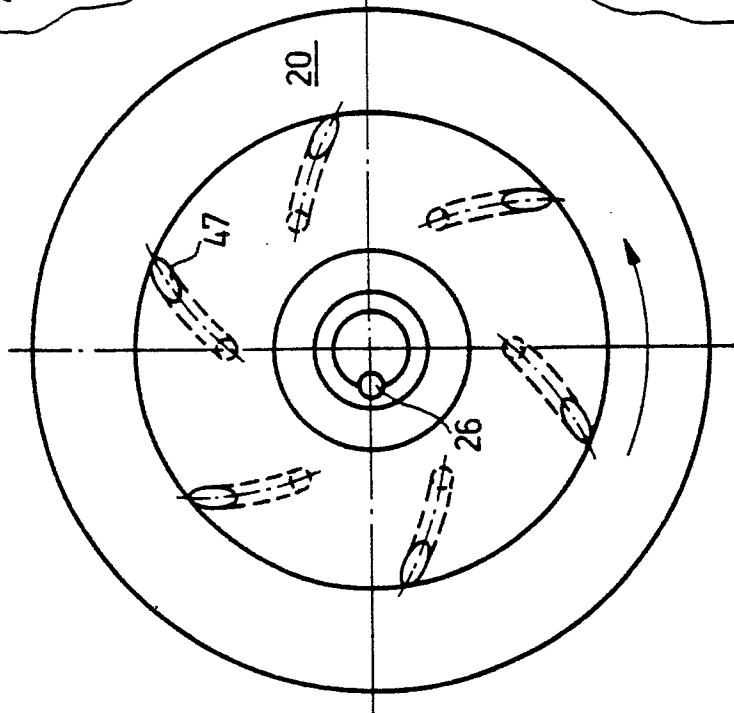


Fig. 2

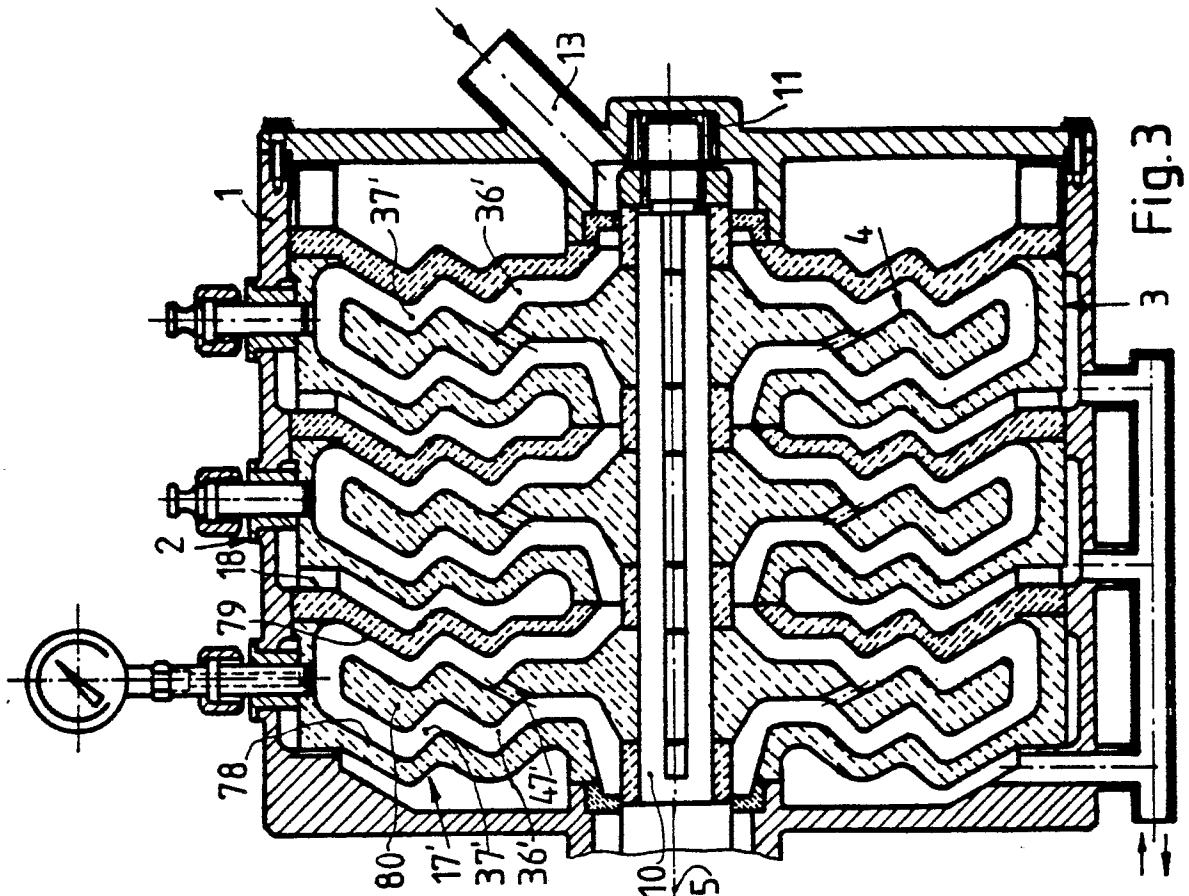


Fig. 3

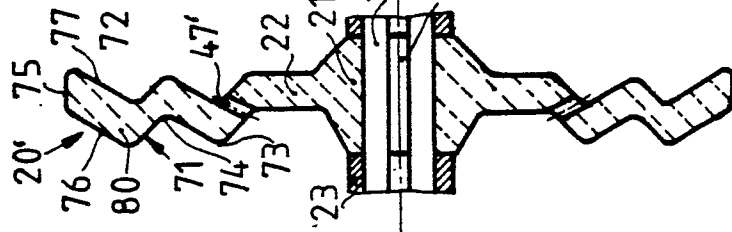


Fig. 4

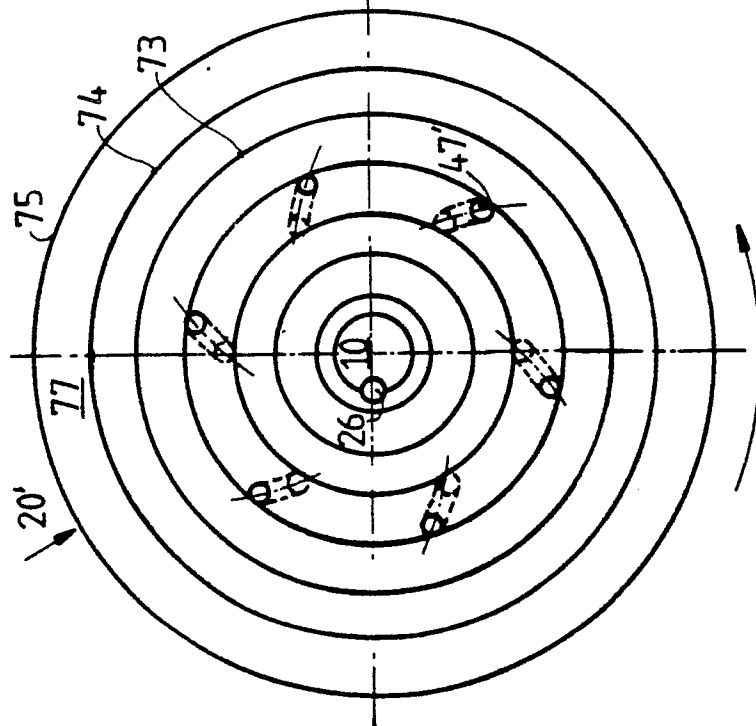


Fig. 5