



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.04.2018 Patentblatt 2018/17

(51) Int Cl.:
B02C 17/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16194369.1**

(22) Anmeldetag: **18.10.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder:
• **SIMONS, Benedikt**
79650 Schopfheim (DE)
• **GROSS, Lionel**
68250 Rouffach (FR)
• **STEHR, Norbert**
67269 Grünstadt (DE)

(71) Anmelder: **Willy A. Bachofen AG**
4132 MuttENZ (CH)

(74) Vertreter: **Bohest AG**
Holbeinstrasse 36-38
4051 Basel (CH)

(54) **RÜHRWERKSKUGELMÜHLE**

(57) Eine Rührwerkskugelmühle weist auf einer Rührwerks-Welle Rührscheiben (18) auf, wobei jeweils zwei benachbarte Rührscheiben (18) eine Mahlzelle begrenzen. Die Rührscheiben (18) weisen benachbarte Mahlzellen miteinander verbindende Mahlgut-Durchlass-Öffnungen (28) auf, die nur in unmittelbarer Nähe einer Mahlraum-Innenbegrenzung (19) ausgebildet sind und die eine radial äussere Begrenzung aufweisen, die

einen Abstand R28 ausgehend von der Mahlraum-Innenbegrenzung (19) in radialer Richtung der Rührscheibe (18) aufweisen. Für das Verhältnis des Abstands R28 der radial äusseren Begrenzungen der Mahlgut-Durchlass-Öffnungen (28) zu einer radialen Erstreckung R18 der Rührscheiben (18) gilt:
 $0.05 \cdot R18 \leq R28 \leq 0.25 \cdot R18$. Im Übrigen sind die Rührscheiben (18) geschlossen ausgebildet.

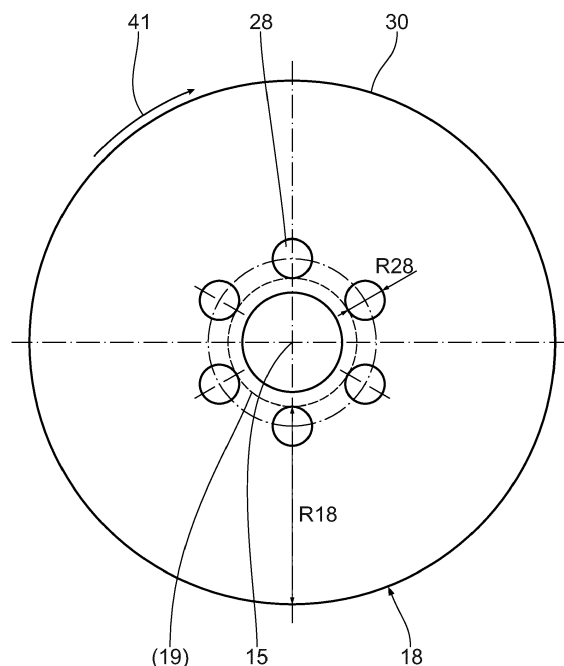


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Rührwerkskugelmühle nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Eine derartige Rührwerkskugelmühle ist aus der EP 2 178 642 A1 bekannt. In derartigen Rührwerkskugelmühlen wird fließfähiges Mahlgut, eine Mahlgutsuspension, mit Hilfe von Mahlkörpern gemahlen oder dispergiert. Die Mahlsuspension besteht aus einer Trägerflüssigkeit und darin verteilten Feststoffen, wobei die Anfangs-Partikelgrösse im Bereich einiger Mikrometer bis zu einigen hundert Mikrometer liegt. Die Endfeinheit der Mahlung liegt im Mikrometer-, Submikron- und in Sonderfällen im Nanometerbereich.

[0003] Bei der aus der EP 2 178 642 A1 bekannten Rührwerkskugelmühle sind in den benachbarte Mahlzellen begrenzenden Rührscheiben relativ grosse, von der Mahlraum-Innenwand entfernte Öffnungen ausgebildet. Die Mahlkörper werden jeweils an der Oberfläche einer Rührscheibe, also im axialen Aussenbereich einer Mahlzelle, durch die Rührscheiben nach aussen beschleunigt. Entsprechendes gilt für die Mahlsuspension. In dem - bezogen auf die Achsrichtung - mittleren Bereich wird die Strömung jeweils umgelenkt und zur Rührwerks-Welle hin gerichtet. Zwei solche gegenläufige Strömungen in einer Mahlzelle werden als Zopfströmung oder Zirkularströmung bezeichnet. Die grossen, in den Rührscheiben ausgebildeten Öffnungen dienen dem Durchtritt von Mahlgut und Mahlkörpern von einer Mahlzelle in eine - bezogen auf die Gesamt-Durchström-Richtung - nachgeordnete Mahlzelle. In der jeweiligen Öffnung werden die Mahlkörper von den die Öffnung begrenzenden Wänden in unterschiedliche Richtungen mitgenommen, so dass ein völlig ungeordneter Durchtritt von Mahlkörpern und Mahlgut zwischen benachbarten Mahlzellen erfolgt, wodurch auch die Zopfströmungen sehr stark gestört werden, so dass eine sehr ungleichmässige Mahlkörperverteilung im gesamten Mahlraum und in jeder einzelnen Mahlzelle vorliegt. Weiterhin ergibt sich eine breite Verweilzeitverteilung für das Mahlgut während des Durchströmens des Mahlraumes.

[0004] Bei der bekannten Rührwerkskugelmühle sind in der letzten, Teil einer Trenneinrichtung bildenden Rührscheibe Mahlkörper-Mahlgut-Durchtritts-Öffnungen zum Durchtritt von Mahlgut und Mahlkörpern in die Trenneinrichtung ausgebildet. In der letzten Rührscheibe sind deckungsgleich mit den erwähnten grossen Öffnungen in den anderen vorgeordneten Rührscheiben Vertiefungen ausgebildet, durch die Mahlkörper mitgenommen und zentrifugal nach aussen beschleunigt werden. Die Mahlgut-Mahlkörper-Durchtritts-Öffnungen sind wegen der Vertiefungen, also aus Platzgründen, relativ nahe zur Rührwerkswelle angeordnet.

[0005] Die Mahlkörperfüllung wird durch die Rühreinbauten innerhalb des aktiven Mahlraums in Relativbewegung versetzt. Die zu behandelnde Mahlsuspension wird mittels einer geeigneten Pumpe durch den abgedichteten unter Drücken bis zu ca. 5 bar, in Sonderfällen

bis zu 10 bar, betreibbaren Mahlraum gefördert. Die in der Mahlsuspension, also dem Mahlgut, befindlichen Feststoffpartikel werden zwischen den relativ zueinander bewegten Mahlkörpern beansprucht und je nach Morphologie zerkleinert oder dispergiert.

[0006] Durch die von dem Mahlgut in Folge seiner Viskosität auf die Mahlkörper ausgeübten Schleppkräfte werden letztere mit der Strömung in Richtung zur Mahlgut-Abführung transportiert. Hierdurch ergibt sich grundsätzlich eine ungleichmässige Mahlkörperverteilung entlang der Achse des Mahlraums. Hinzu kommt die ungleichförmige Verteilung der Mahlkörper in den einzelnen Mahlzellen aufgrund der ungeordneten Beschleunigung der Mahlkörper an den Wänden der grossen Öffnungen in den Rührscheiben. Bei relativ hohen Durchsätzen und/oder relativ hohen Viskositäten des Mahlguts stellt sich sehr leicht eine verschleissintensive Mahlkörperverpressung ein. Hierbei kommt es oft auch zu einer Überbeanspruchung des Mahlguts und in der Folge zu dessen Schädigung.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, in einer gattungsgemässen Rührwerkskugelmühle mit besonders einfachen Mitteln eine gleichmässige Mahlkörperverteilung entlang des Mahlraumes bis zu höchsten Mahlgut-Durchsätzen in einem breiten Betriebsbereich sicherzustellen und gleichzeitig eine besonders gleichförmige Mahlwirkung zu erzielen.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch eine Rührwerkskugelmühle mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst.

[0009] Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass eine solche Rührwerkskugelmühle mit ausserordentlich hohen Durchsätzen betreibbar ist, wenn die ansonsten durchbruchfreien, also geschlossenen Rührscheiben nur kleine Mahlgut-Durchlass-Öffnungen in unmittelbarer Nähe der Rührwerks-Welle aufweisen. Der Begriff "in unmittelbarer Nähe" bedeutet, dass damit sowohl solche Fälle, in denen die Mahlraum-Innenbegrenzung mit der radial inneren Begrenzung der Mahlgut-Durchlass-Öffnungen zusammenfällt, somit die Mahlgut-Durchlass-Öffnungen an die Mahlraum-Innenbegrenzung angrenzen, als auch solche Fälle, in denen die radial innere Begrenzung der Mahlgut-Durchlass-Öffnungen einen - wenn auch geringen - Abstand von der Mahlraum-Innenbegrenzung aufweist, erfasst sind. Beispielsweise kann der Abstand der radial inneren Begrenzung der Mahlgut-Durchlass-Öffnung einen Abstand von der Mahlraum-Innenbegrenzung haben, der in einem Bereich bis zu einem Zehntel (≤ 0.1) der radialen Erstreckung der jeweiligen Rührscheibe von der Mahlraum-Innenbegrenzung bis zum radial äusseren Rand der jeweiligen Rührscheibe liegt. Ein solcher geringer Abstand der radial inneren Begrenzung der Mahlgut-Durchlass-Öffnung von der Mahlraum-Innenbegrenzung kann beispielsweise aus fertigungstechnischen Gründen vorteilhaft oder sogar erforderlich sein. In einem sehr weiten Durchsatzbereich ergibt sich eine absolut konstante Leistungsaufnahme, was ein Indiz für eine gleichmässige Mahlkörperverteilung

lung darstellt, die durch eine Durchsatzsteigerung nicht negativ beeinflusst wird. Weiterhin ergeben sich im gesamten Betriebsbereich deutlich engere Partikelverteilungen, als sie ansonsten im Einpassagen-Betrieb mit Rührwerkskugelmühlen mit Rührscheiben erzielbar sind, die die ansonsten üblichen grossen Durchbrüche im radial weiter aussen gelegenen Bereich aufweisen. Wesentlich für die geschilderten Effekte ist, dass die unmittelbar zur Rührwerks-Welle benachbart angeordneten Mahlgut-Durchlass-Öffnungen in den benachbarte Mahlzellen begrenzenden Rührscheiben ausgebildet sind. Die Mahlkörper werden über den grössten Teil der Oberfläche der Rührscheiben nach aussen beschleunigt, so dass im Bereich der Mahlbehälter-Wand eine hohe Verdichtung der Mahlkörper eintritt, die einen entsprechend hohen Strömungswiderstand für das Mahlgut, also die Mahlsuspension, bildet. Es erfolgt also kein sogenanntes Durchschieszen, das heisst freies Durchströmen, des Mahlgutes im Aussenbereich des Mahlraums. Dieser Effekt wird besonders gefördert, wenn die Differenz der Feststoffdichte der Mahlkörper und der Gemisch-Dichte der Mahlsuspension, also des aus Feststoffen und einer Trägerflüssigkeit bestehenden Mahlguts, möglichst gross ist, vorzugsweise gleich oder grösser 2 g/cm^3 . Da sich die verhältnismässig kleinen Mahlgut-Durchtritts-Öffnungen in mahlkörperarmen Bereichen der Mahlzellen befinden, tritt kein unkontrollierter Mahlgut-Austausch zwischen benachbarten Mahlzellen auf und insbesondere treten keine nennenswerten Mahlkörper-Durchtritte durch die Mahlgut-Durchtritts-Öffnungen auf.

[0010] Besonders vorteilhafte relative radiale Erstreckungen der Mahlgut-Durchlass-Öffnungen der erfindungsgemässen Rührwerkskugelmühle ergeben sich aus den Merkmalen der abhängigen Patentansprüche 2 und 3.

[0011] Grundsätzlich kann nur eine Mahlgut-Durchlass-Öffnung vorhanden sein. Im abhängigen Patentanspruch 4 ist eine vorteilhafte Anordnung der Mahlgut-Durchlass-Öffnungen um die Rührwerks-Welle der erfindungsgemässen Rührwerkskugelmühle spezifiziert.

[0012] Die abhängigen Patentansprüche 5 bis 8 spezifizieren besonders vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemässen Rührwerkskugelmühle, durch die gezielt unterschiedliche Beschleunigungen der Mahlkörper über die radiale Erstreckung der Rührscheiben bewirkt werden können, wodurch ein gezielter Transport der Mahlkörper nach aussen erreicht wird.

[0013] Durch die Merkmale des abhängigen Patentanspruchs 9 wird bei der erfindungsgemässen Rührwerkskugelmühle erreicht, dass das Mahlgut geführt aus der Zirkularströmung, d. h. der Zopfströmung einer Mahlzelle in eine gleichartige Strömung in einer nachgeordneten Mahlzelle strömt.

[0014] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus weiteren abhängigen Patentansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung anhand der Zeichnung.

Es zeigt:

- Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Rührwerkskugelmühle in schematischer Darstellung in einer Seitenansicht in teilweise aufgebrochener Darstellung, 5
- Fig. 2 eine Draufsicht auf ein erstes Ausführungsbeispiel einer Rührscheibe der erfindungsgemässen Rührwerkskugelmühle, 10
- Fig. 3 eine Teildarstellung aus Fig. 1 in gegenüber Fig. 1 vergrössertem Massstab,
- Fig. 4 eine Draufsicht auf ein zweites Ausführungsbeispiel einer Rührscheibe der erfindungsgemässen Rührwerkskugelmühle, 15
- Fig. 5 einen Teilquerschnitt durch die Rührscheibe nach Fig. 4, 20
- Fig. 6 eine Draufsicht auf ein drittes Ausführungsbeispiel einer Rührscheibe der erfindungsgemässen Rührwerkskugelmühle, 25
- Fig. 7 einen Teilquerschnitt durch die Rührscheibe nach Fig. 6 und
- Fig. 8 eine Darstellung entsprechend Fig. 3 mit gegenüber Fig. 1 und Fig. 3 geänderter Mahlraum-Innenbegrenzung. 30

[0015] In Figur 1 ist eine horizontale Rührwerkskugelmühle dargestellt. Diese weist in üblicher Weise einen Ständer 1 auf, der auf dem Boden 2 abgestützt ist. Im Ständer 1 ist ein gegebenenfalls drehzahlregelbarer Antriebsmotor 3 untergebracht, der mit einer Keilriemenscheibe 4 versehen ist, von der über Keilriemen 5 und eine weitere Keilriemenscheibe 6 eine Antriebswelle 7 der Rührwerkskugelmühle drehantreibbar ist. Die Antriebswelle 7 ist in einem oberen Abschnitt 8 des Ständers 1 mittels mehrerer Lager 9 drehbar gelagert.

[0016] An dem oberen Abschnitt 8 des Ständers 1 ist ein im Wesentlichen zylindrischer Mahlbehälter 10 lösbar befestigt. Der zylindrische Mahlbehälter 10 weist eine Innen-Wand 11 auf und ist an einem dem oberen Abschnitt 8 zugewandten Ende mittels eines ersten Deckels 12 und am gegenüberliegenden Ende mittels eines zweiten Deckels 13 verschlossen. Er umschliesst einen Mahlraum 14. Die Innen-Wand 11 bildet also die Mahlraum-Aussenbegrenzung.

[0017] Konzentrisch zur gemeinsamen Mittel-Längs-Achse 15 von Mahlbehälter 10 und Antriebswelle 7 ist im Mahlraum 14 eine drehfest mit der Antriebswelle 7 verbundene Rührwerks-Welle 16 angeordnet. Der Mahlraum 14 ist mittels Dichtungen 17 zwischen dem Deckel 12 und der Antriebswelle 7 abgedichtet. Die Rührwerks-Welle 16 ist fliegend gelagert, also im Bereich des zwei-

ten Deckels 13 nicht mehr gelagert. Sie ist über ihre volle Länge im Mahlraum 14 mit Rührwerkzeugen versehen, bei denen es sich um kreisförmige Rührscheiben 18 handelt.

[0018] Die Rührscheiben 18 sind auf die Rührwerks-Welle 16 aufgesteckt und werden dort in üblicher Weise, beispielsweise durch eine nicht dargestellte Passfeder-Nut-Verbindung, drehfest auf der Rührwerks-Welle 16 gehalten und axial durch Distanz-Hülsen 19 auf Abstand voneinander gehalten. Die Rührwerks-Welle 16 mit den Distanz-Hülsen 19 und den Rührscheiben 18 bilden ein Rührwerk 20. Die Distanz-Hülsen 19 begrenzen den im Wesentlichen ringzylindrischen Mahlraum 14 an seiner Innenseite, bilden also eine Mahlraum-Innenbegrenzung.

[0019] Im Bereich des ersten Deckels 12 mündet eine Mahlgut-Zuführung 21 in den Mahlraum 14. Aus dem der Mahlgut-Zuführung 21 entgegengesetzten Ende des Mahlbehälters 10 mündet aus dem zweiten Deckel 13 eine Mahlgut-Abführung 22 aus.

[0020] Am Aussenumfang der dem zweiten Deckel 13 benachbarten letzten Rührscheibe 18 ist ein zylinderförmiger Käfig 23 ausgebildet. Er weist über seinen Umfang verteilt Durchbrechungen 24 auf. In den von der letzten Rührscheibe 18 und dem Käfig 23 umgrenzten Abtrenn-Raum 25 ist ein Siebkörper 26 angeordnet, der am zweiten Deckel 13 angebracht und mit der Mahlgut-Abführung 22 verbunden ist. Diese Teile bilden eine aus der EP 2 178 642 A1 bekannte Mahlgut-Mahlkörper-Trenneinrichtung 27.

[0021] Die Rührscheiben 18 (bzw. 18a, 18b; siehe Fig. 4 - Fig. 7) weisen eine oder mehrere Mahlgut-Durchlass-Öffnungen 28 auf, die im Ausführungsbeispiel kreisförmig ausgebildet sind. Auf der - bezogen auf die Mittel-Längs-Achse 15 - Innenseite grenzen die Mahlgut-Durchlass-Öffnungen 28 an die Distanz-Hülsen 19, also die Mahlraum-Innenbegrenzung, an. Die Mahlgut-Durchlass-Öffnungen 28 sind in gleichmässigen Winkelabständen voneinander angeordnet, beispielsweise sechs Öffnungen 28, wie in Figur 2 dargestellt. Ausser den Mahlgut-Durchlass-Öffnungen 28 weisen die Rührscheiben 18 (bzw. 18a, 18b) keinerlei Öffnungen auf, sind also völlig geschlossen.

[0022] Die Mahlgut-Durchlass-Öffnungen 28 weisen jeweils eine radial äussere Begrenzung auf, die einen Abstand R28 ausgehend von der Distanz-Hülse 19 (Mahlraum-Innenbegrenzung) in radialer Richtung der Rührscheibe 18 aufweist. Für das Verhältnis des Abstands R28 der radial äusseren Begrenzung der jeweiligen Mahlgut-Durchlass-Öffnung 28 von der Distanz-Hülse 19, also der Mahlraum-Innenbegrenzung, zur radialen Erstreckung R18 von der Distanz-Hülse 19, also der Mahlraum-Innenbegrenzung, bis zum radialen Aussen-Rand 30 (radial äusserer Rand) der Rührscheiben 18 gilt: $0.05 \cdot R18 \leq R28 \leq 0.25 \cdot R18$, und dabei bevorzugt $R28 \leq 0.20 \cdot R18$ und weiter bevorzugt $R28 \leq 0.15 \cdot R18$.

[0023] Zueinander benachbart angeordnete Rührscheiben 18 weisen jeweils einen gleichen axialen Ab-

stand a voneinander auf. Weiterhin definieren zueinander benachbart angeordnete Rührscheiben 18 einen Trennwinkel α , der jeweils durch eine Linie 29 zwischen dem radialen Aussen-Rand 30 einer Rührscheibe 18 und dem Fuss einer benachbarten Rührscheibe 18 an der Rührwerks-Welle 16, d. h. an der jeweiligen Distanz-Hülse 19 und durch eine zur Mittel-Längs-Achse 15 parallele Linie 31 gebildet ist. Es gilt hierbei: $30^\circ < \alpha < 60^\circ$.

[0024] Die Spaltbreite b des Spaltes 32 zwischen dem radialen Aussen-Rand 30 und der Wand 11 beträgt höchstens 20% vom freien Radius R14 des Mahlraums 14.

[0025] Der Mahlraum 14 ist im Wesentlichen mit Mahlkörpern 33 gefüllt, und zwar vorzugsweise mit Mahlkörpern 33 aus Materialien relativ hoher Dichte, zum Beispiel Hochleistungskeramik aus ZrO_2 (Zirkondioxid) mit einer Feststoffdichte von 6.0 g/cm^3 . Der Mahlkörperfüllgrad (Schüttvolumen der Mahlkörper relativ zum Volumen des Mahlraums) liegt im Bereich von 50% bis 90%, insbesondere im Bereich von 80% bis 90%. Die hohe Feststoffdichte der Mahlkörper 33 relativ zur Dichte der Mahlsuspension ist wichtig für die angestrebten Effekte, nämlich die Mahlkörper 33 im Bereich der Oberflächen der jeweiligen Rührscheiben 18 in die mahlkörperverdichtete Zone nach aussen zu fördern.

[0026] Zwischen jeweils benachbarten Rührscheiben 18 sind Mahlzellen 34 gebildet, in denen sich bei Drehantrieb der Rührwerks-Welle 16 jeweils in Figur 3 dargestellte Zopf-Strömungen 35 ausbilden. Wie der Zeichnung entnehmbar ist, strömen Mahlkörper 33 und zu behandelndes Mahlgut, z.B. die Mahlsuspension, jeweils im Bereich einer Rührscheibe 18 aufgrund der durch die Rührscheiben 18 verursachten Tangential-Beschleunigung nach aussen und dann im axial mittleren Bereich der Mahlzone 34 entsprechend wieder nach innen zur Rührwerks-Welle 16 hin. Im Bereich der Rührwerks-Welle 16 ist die Mahlkörper-Konzentration am geringsten. In diesem Bereich strömt Mahlgut von einer Mahlzone 34 durch die Mahlgut-Durchlass-Öffnungen 28 in eine benachbarte Mahlzone 34. Die Mahlgut-Strömung durch die Mahlgut-Durchlass-Öffnungen 28 ist durch Strömungs-Richtungspfeile 36 in Figur 3 angedeutet. Die Gesamt-Durchström-Richtung 37 der Rührwerkskugelmühle ist in den Figuren 1 und 3 von links nach rechts, also von der Mahlgut-Zuführung 21 zur Mahlgut-Abführung 22. In Figur 3 grenzen die Mahlgut-Durchlass-Öffnungen 28 jedoch nicht an die Distanz-Hülse 19 an, sondern die radial innere Begrenzung der jeweiligen Mahlgut-Durchlass-Öffnung 28 weist einen geringen Abstand A in radialer Richtung von der Distanz-Hülse 19 auf, der im Bereich bis zu einem Zehntel (≤ 0.1) der radialen Erstreckung R18 der Rührscheibe von der Distanz-Hülse 19 (Mahlraum-Innenbegrenzung) bis zum Aussen-Rand 30 (radial äusserer Rand) der Rührscheibe 18 liegen kann, sodass generell gilt $0 \leq A \leq 0.1 \cdot R18$ (im Falle des Abstands 0 grenzt die radial innere Begrenzung der jeweiligen Mahlgut-Durchlass-Öffnung 28 an die Distanz-Hülse 19 an, siehe Fig. 2).

[0027] Die Beschleunigung der Mahlkörper 33 durch die Rührscheiben 18 kann durch in den Rührscheiben 18 (bzw. 18a, 18b) ausgebildete nutartige Kanäle 38a, 38b (siehe Fig. 4 - Fig. 7) verstärkt werden, die jeweils an einer Mahlgut-Durchlass-Öffnung 28 beginnen und zum radialen Aussen-Rand 30 der jeweiligen Rührscheibe 18 (bzw. 18a, 18b) hin gerichtet sind, ohne aber den radialen Aussen-Rand 30 der jeweiligen Rührscheibe 18 (bzw. 18a, 18b) zu durchbrechen. Es verbleibt also ein Rührscheiben-Aussenring 39, der im dargestellten Beispiel die Dicke c der Rührscheibe 18 (bzw. 18a, 18b) aufweist. Weiterhin gilt, dass durch diese Kanäle 38a, 38b die jeweiligen Rührscheiben 18 (bzw. 18a, 18b) nicht parallel zur Mittel-Längs-Achse 15 durchbrochen werden. Die jeweilige Rührscheibe 18 (bzw. 18a, 18b) ist also völlig geschlossen und weist nur die geschilderten Mahlgut-Durchlass-Öffnungen 28 auf.

[0028] Gemäss einem ersten Ausführungsbeispiel nach den Figuren 4 und 5 verlaufen die Kanäle 38a radial zur Mittel-Längs-Achse 15 nach aussen und weisen eine Breite d auf, die dem Durchmesser der Mahlgut-Durchlass-Öffnungen 28 entspricht. Die jeweiligen Kanäle 38a sind auf beiden Seiten der entsprechenden Rührscheibe 18a ausgebildet, so dass zwischen ihnen - wie Figur 5 entnehmbar ist - ein dünner Wandabschnitt 40a verbleibt. Wie wiederum Figur 4 entnehmbar ist, werden in dem jeweiligen Kanal 38a die Mahlkörper 33 von der in Drehrichtung 41 nacheilenden Kanal-Wand 42a tangential mitgenommen und dadurch zentrifugal beschleunigt. Die Tangentialgeschwindigkeiten und damit die resultierenden radial gerichteten Zentrifugalbeschleunigungen nehmen radial nach aussen zu, wie durch die radial nach aussen zunehmende Länge der Geschwindigkeits-Pfeile 43a angedeutet ist.

[0029] Bei der Ausgestaltung der Rührscheiben 18b nach den Figuren 6 und 7 weisen die ebenfalls eine Breite d (entsprechend dem Durchmesser der Mahlgut-Durchlass-Öffnungen 28) aufweisenden, durch einen Wandabschnitt 40b voneinander getrennten Kanäle 38b ausgehend von der jeweiligen Mahlgut-Durchlass-Öffnung 28 einen sich radial zur Mittel-Längs-Achse 15 erstreckenden inneren geradlinigen Kanal-Abschnitt 44 auf, an den sich radial nach aussen ein gegen die Drehrichtung 41 der Rührscheiben 18b abgebogener äusserer Kanal-Abschnitt 45 anschliesst, der ebenfalls vor dem Aussenring 39 endet. Aufgrund der erwähnten Ausgestaltung erhalten die Mahlkörper 33 Beschleunigungen in unterschiedliche Richtungen. Im inneren Kanal-Abschnitt 44 erfolgt die Mitnahme der Mahlkörper 33 durch die Kanal-Wand 42b tangential, während sie im radial äusseren Kanal-Abschnitt 45 aufgrund des Verlaufs der Kanal-Wand 42b radialtangential gerichtet ist. Auch hier symbolisieren die unterschiedlich langen Geschwindigkeits-Pfeile 43b die unterschiedlichen Richtungen und Beträge der auf die Mahlkörper 33 ausgeübten Beschleunigungen. Zu beachten ist, dass der Kanal 38b über seine volle Breite in den Aussenring 39 ausläuft. Die nacheilende Kanal-Wand 42b bewirkt also bis zu ihrem äus-

sersten Ende ausschliesslich nach aussen gerichtete Beschleunigungen auf die Mahlkörper 33. Die im Eingriff des Kanals 38b befindlichen Mahlkörper 33 werden also quasi formschlüssig nach aussen gedrückt.

[0030] Figur 8 zeigt eine weitere, bei allen vorgenannten Ausführungsbeispielen einsetzbare Weiterbildung, bei der in Bezug auf die Gesamt-Durchström-Richtung 37 der Rührwerkskugelmühle jeweils zwischen einer Distanz-Hülse 19c und der Mahlgut-Durchlass-Öffnung 28 der vorgeordneten Rührscheibe 18 ein Umlenkanal 46 ausgebildet ist, der die Mahlgut-Strömung von einer in Bezug auf die Gesamt-Durchström-Richtung 37 vorgeordneten Mahlzelle 34 in die nachgeordnete Mahlzelle 34 radial umlenkt und in die nach aussen gerichtete Zopf-Strömung 35 in der nachgeordneten Mahlzelle 34 einführt. Die Distanz-Hülse 19c ist so ausgebildet, dass die in Gesamt-Durchström-Richtung 37 nachgeordnete Mahlgut-Durchlass-Öffnung 28 von der Mahlgut-Strömung in der Mahlzelle 34 frei erreichbar ist.

Patentansprüche

1. Rührwerkskugelmühle

- mit einem horizontal angeordneten Mahlbehälter (10),

-- der einen ringzylindrischen, durch eine Mahlbehälter-Wand (11) und eine Mahlraum-Innenbegrenzung (19) begrenzten Mahlraum (14) umschliesst,

-- in den an einem Ende eine Mahlgut-Zuführung (21) einmündet und

-- aus dem am anderen Ende eine Mahlgut-Abführung (22) mit einer vorgeordneten Mahlgut-Mahlkörper-Trenneinrichtung (27) ausmündet,

- mit einem im Mahlraum (14) angeordneten Rührwerk (20), das

-- eine drehantreibbare Rührwerks-Welle (16) mit einer Mittel-Längs-Achse (15) und

-- auf der Rührwerks-Welle (16) drehfest angebrachte, im axialen Abstand (a) voneinander angeordnete Rührscheiben (18) aufweist,

--- wobei jeweils zwei einander benachbarte Rührscheiben (18) eine Mahlzelle (34) begrenzen,

--- wobei die Rührscheiben (18) benachbarte Mahlzellen (32) miteinander verbindende Öffnungen aufweisen, und

--- wobei - bezogen auf die Mittel-Längs-Achse (15) - die Rührscheiben

(18) eine radiale Erstreckung R18 von der Mahlraum-Innenbegrenzung bis zum radial äusseren Rand (30) der Rührscheiben (18) aufweisen,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Öffnungen als Mahlgut-Durchlass-Öffnungen (28) ausgebildet und nur in unmittelbarer Nähe der Mahlraum-Innenbegrenzung (19) angeordnet sind, wobei die Mahlgut-Durchlass-Öffnungen (28) jeweils eine radial äussere Begrenzung aufweisen, die einen Abstand R28 ausgehend von der Mahlraum-Innenbegrenzung in radialer Richtung der Rührscheibe (18) aufweist, wobei für das Verhältnis des Abstands R28 der radial äusseren Begrenzung der Mahlgut-Durchlass-Öffnungen (28) zur radialen Erstreckung R18 der Rührscheiben (18) gilt: $0.05 \cdot R18 \leq R28 \leq 0.25 \cdot R18$, und dass die Rührscheiben (18) ansonsten geschlossen ausgebildet sind.

2. Rührwerkskugelmühle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**
dass für das Verhältnis des Abstands R28 der radial äusseren Begrenzung der Mahlgut-Durchlass-Öffnungen (28) zur radialen Erstreckung R18 der Rührscheiben (18) zusätzlich gilt: $R28 \leq 0.20 \cdot R18$.

3. Rührwerkskugelmühle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das Verhältnis des Abstands R28 der radial äusseren Begrenzung der Mahlgut-Durchlass-Öffnungen (28) zur radialen Erstreckung R18 der Rührscheiben (18) zusätzlich gilt: $R28 \leq 0.15 \cdot R18$.

4. Rührwerkskugelmühle nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Mahlgut-Durchlass-Öffnungen (28) in gleichmässigen Winkelabständen voneinander angeordnet sind.

5. Rührwerkskugelmühle nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,**
dass an beiden Seiten der Rührscheiben (18a, 18b) - ausgehend von den Mahlgut-Durchlass-Öffnungen (28) - die jeweilige Rührscheibe (18a, 18b) in Richtung der Mittel-Längs-Achse (15) der Rührscheibe (18a, 18b) nicht durchbrechende nutartige Kanäle (38a, 38b) ausgebildet sind, die zum radial äusseren Rand (30) der Rührscheibe (18a, 18b) gerichtet und zum radial äusseren Rand (3) der Rührscheibe (18a, 18b) hin geschlossen sind.

6. Rührwerkskugelmühle nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die an unterschiedlichen der beiden Seiten der Rührscheiben (18a, 18b) ausgebildeten, von einer Mahlgut-Durchlass-Öffnung (28) ausgehenden Ka-

näle (38a, 38b) jeweils paarweise deckungsgleich angeordnet sind.

7. Rührwerkskugelmühle nach einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die an den beiden Seiten der Rührscheiben (18a) ausgebildeten Kanäle (38a) geradlinig und radial zur Mittel-Längs-Achse (15) verlaufend ausgebildet sind.

8. Rührwerkskugelmühle nach einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die an den beiden Seiten der Rührscheiben (18b) ausgebildeten Kanäle (38b) einen äusseren, entgegen der Drehrichtung (38) der Rührscheibe (18b) abgelenkten Kanal-Abschnitt (45) aufweisen.

9. Rührwerkskugelmühle nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Rührscheiben (18a, 18b) einen radial ausseren angeordneten Rührscheiben-Aussenring (39) aufweisen.

10. Rührwerkskugelmühle nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet,**
dass in einer Mahlzelle (34) hinter einer Mahlgut-Durchlass-Öffnung (28), die eine in Bezug auf eine Gesamt-Durchström-Richtung (37) der Rührwerkskugelmühle vorgeordnete Mahlzelle (34) mit einer nachgeordneten Mahlzelle (34) verbindet, ein radial nach aussen in die Mahlzelle (34) einmündender Umlenkkanal (46) ausgebildet ist.

11. Rührwerkskugelmühle nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet,**
dass zwischen dem radial äusseren Rand (30) der Rührscheiben (18) und der Wand (11) des Mahlbehälters (10) jeweils ein Spalt (32) ausgebildet ist, dessen radiale Spaltbreite b maximal 20% eines freien Radius R14 des Mahlraums (14) zwischen der Mahlraum-Innenbegrenzung (19) und der Mahlbehälter-Wand (11) beträgt.

12. Rührwerkskugelmühle nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet,**
dass der Mahlraum (14) mit Mahlkörpern (33) gefüllt ist, deren Schüttvolumen 50% bis 90% des Volumens des Mahlraums (14) entspricht, insbesondere 80% bis 90% des Volumens des Mahlraums (14).

13. Rührwerkskugelmühle nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Mahlkörper (33) eine Feststoffdichte aufweisen, die um mindestens 2 g/cm^3 grösser ist als die Gemisch-Dichte des Mahlguts.

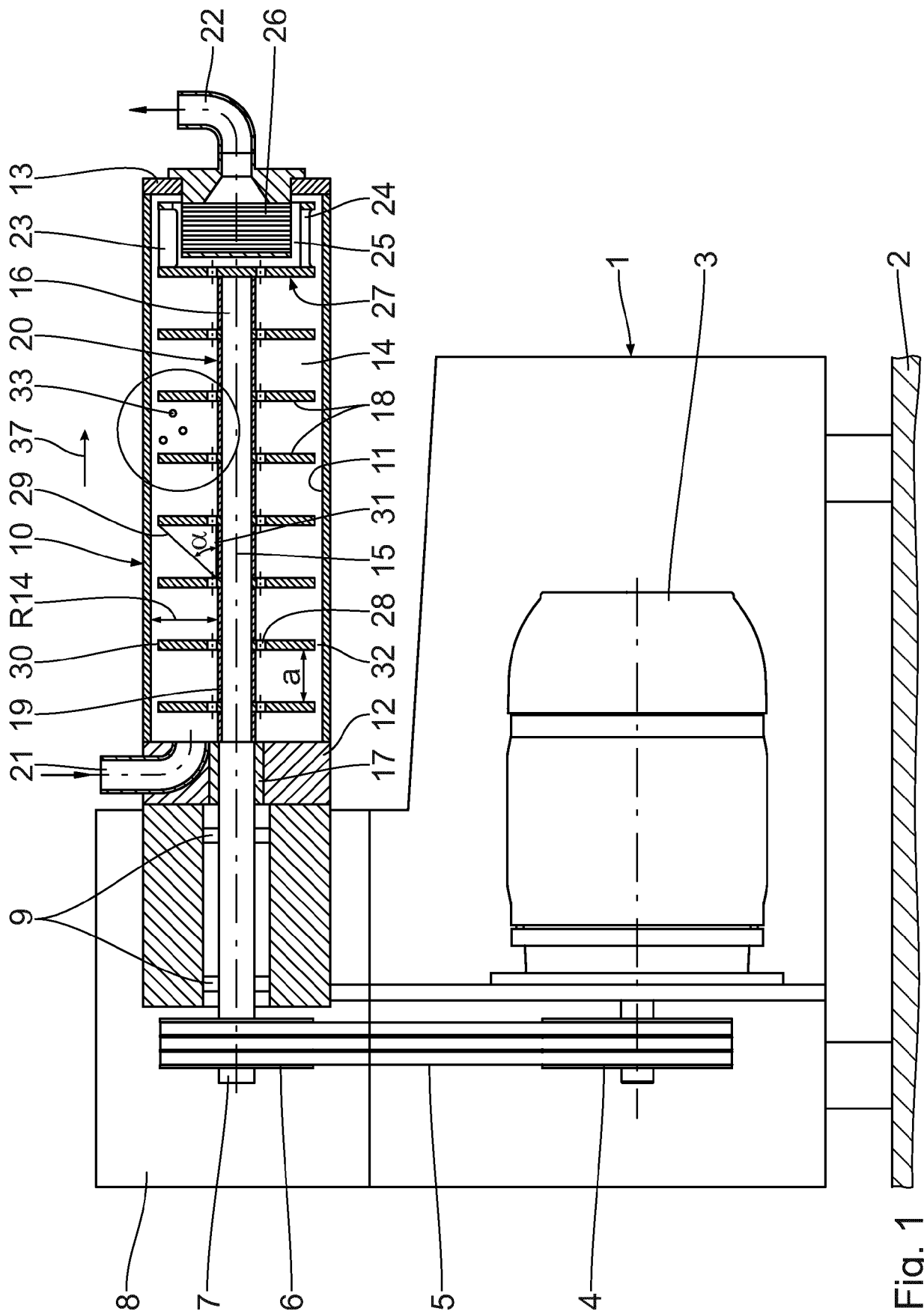


Fig. 1

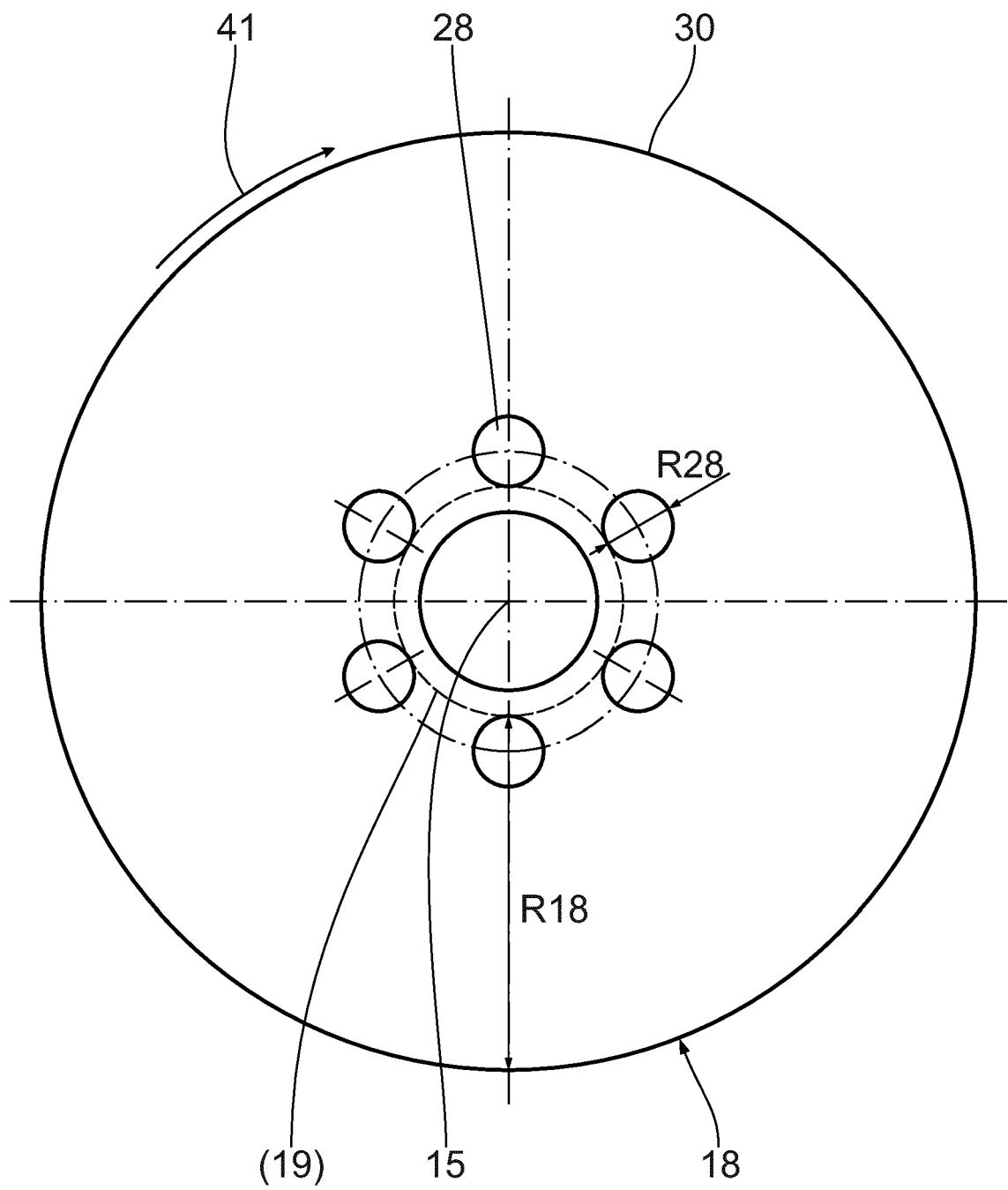


Fig. 2

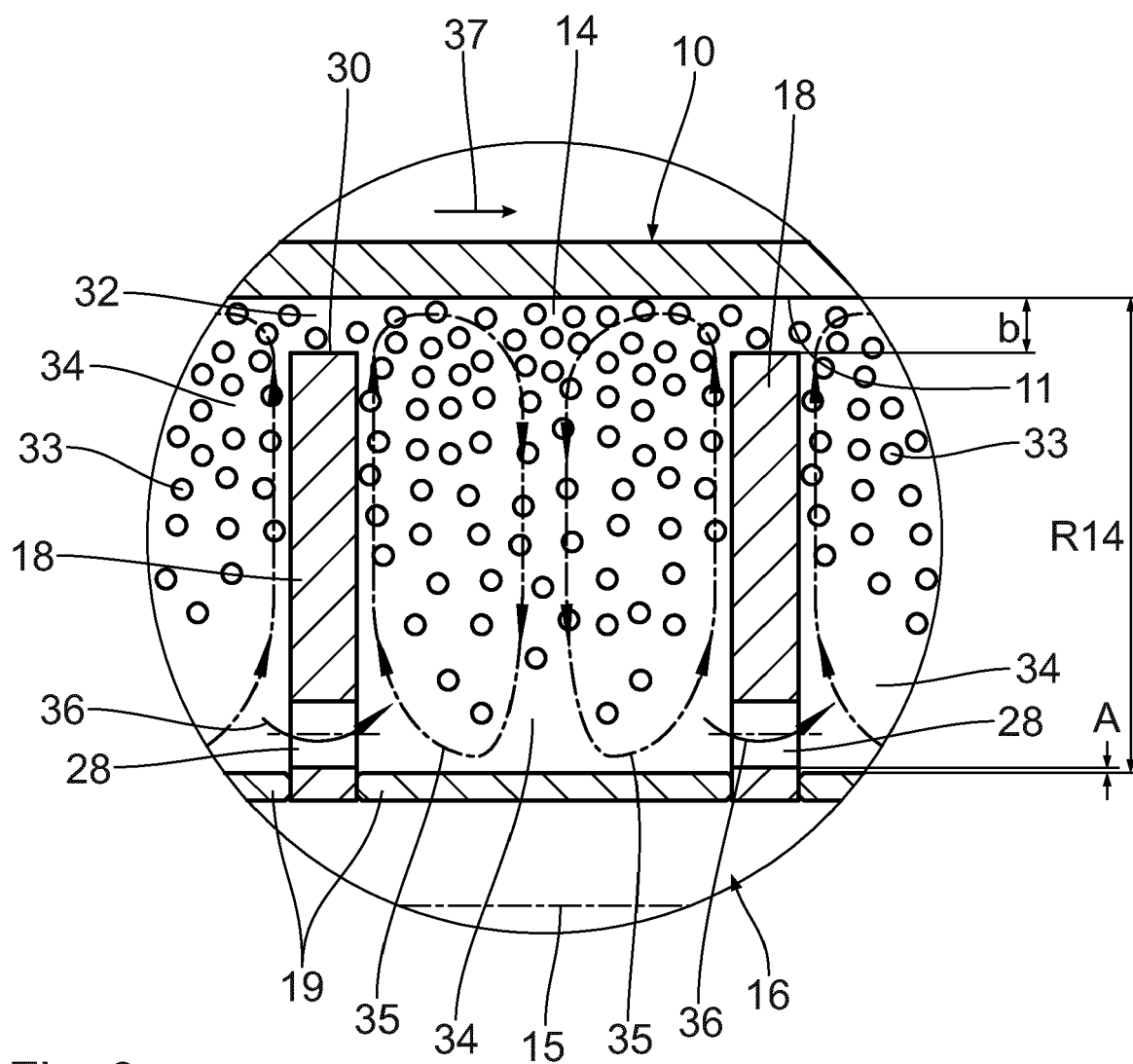


Fig. 3

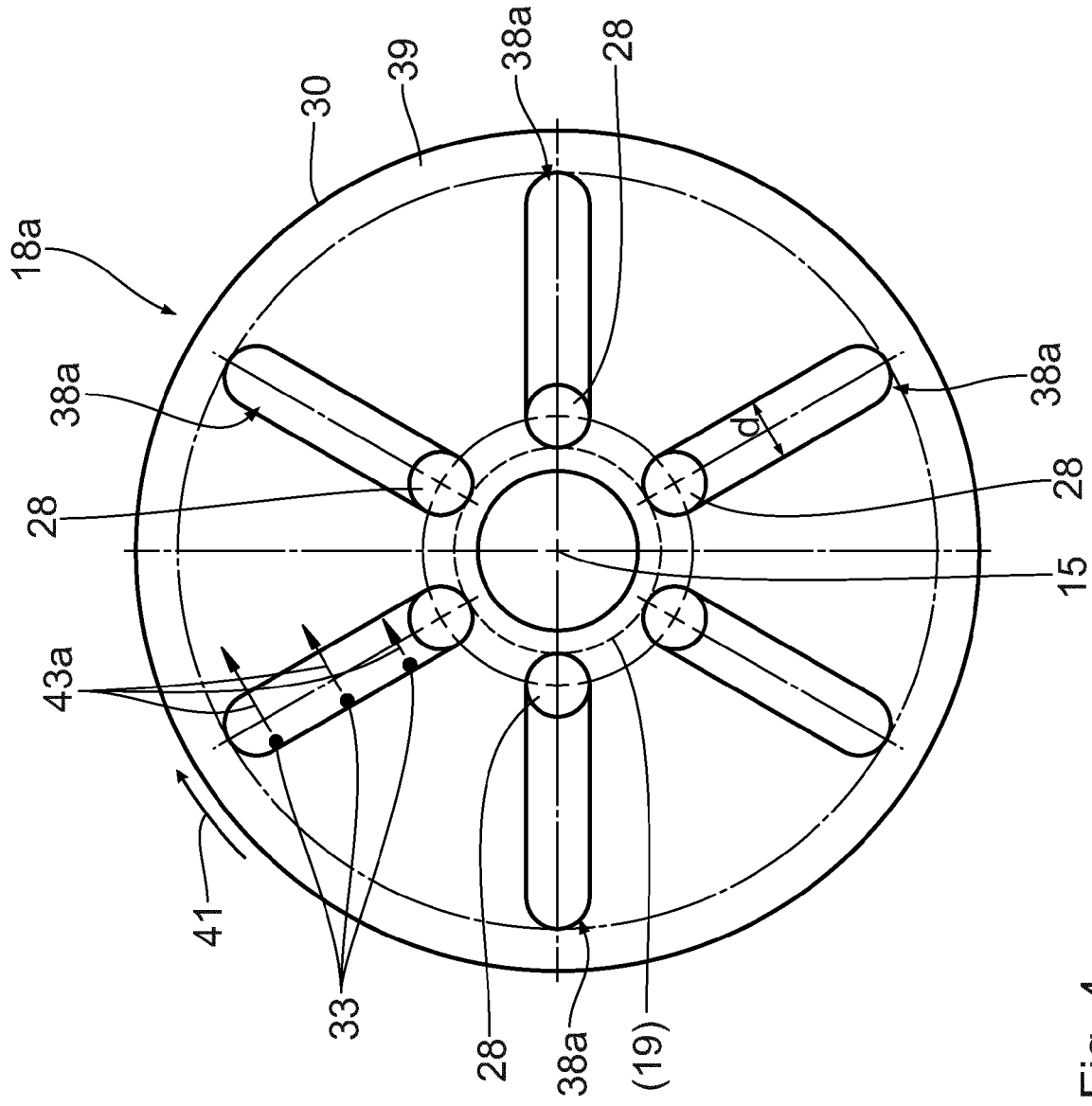


Fig. 4

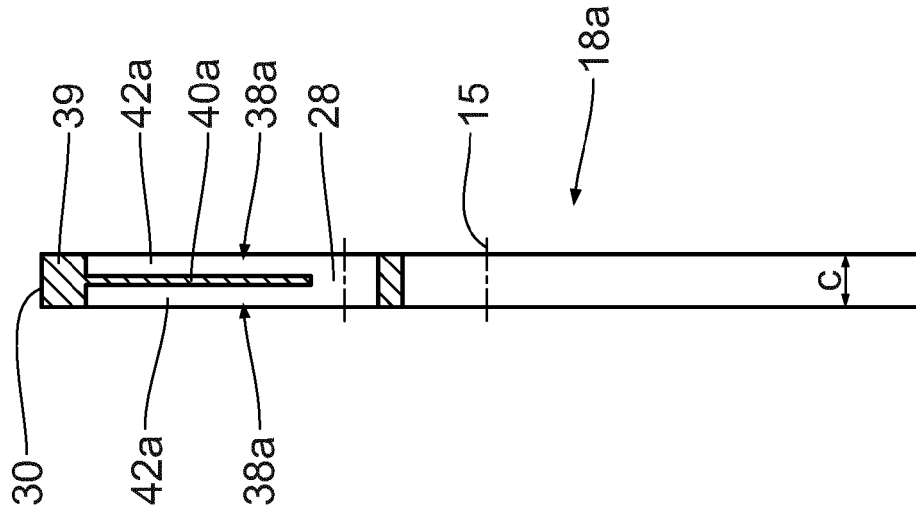
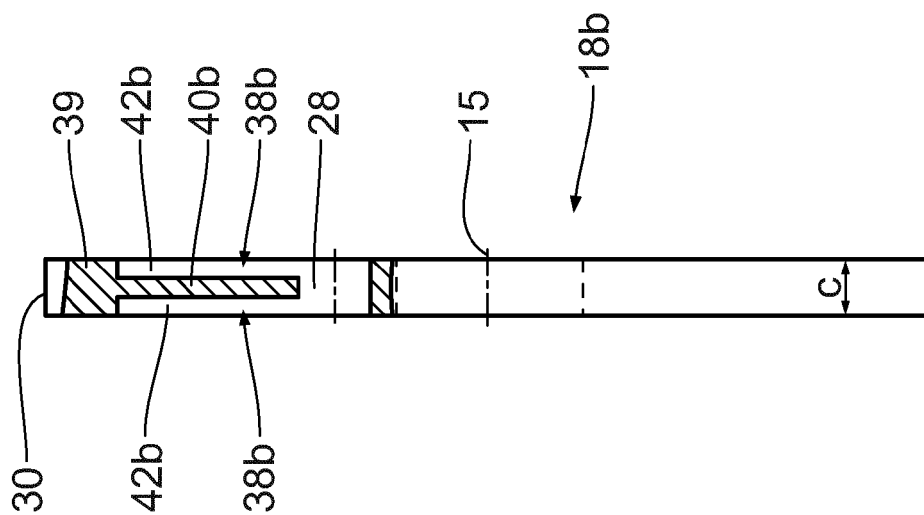
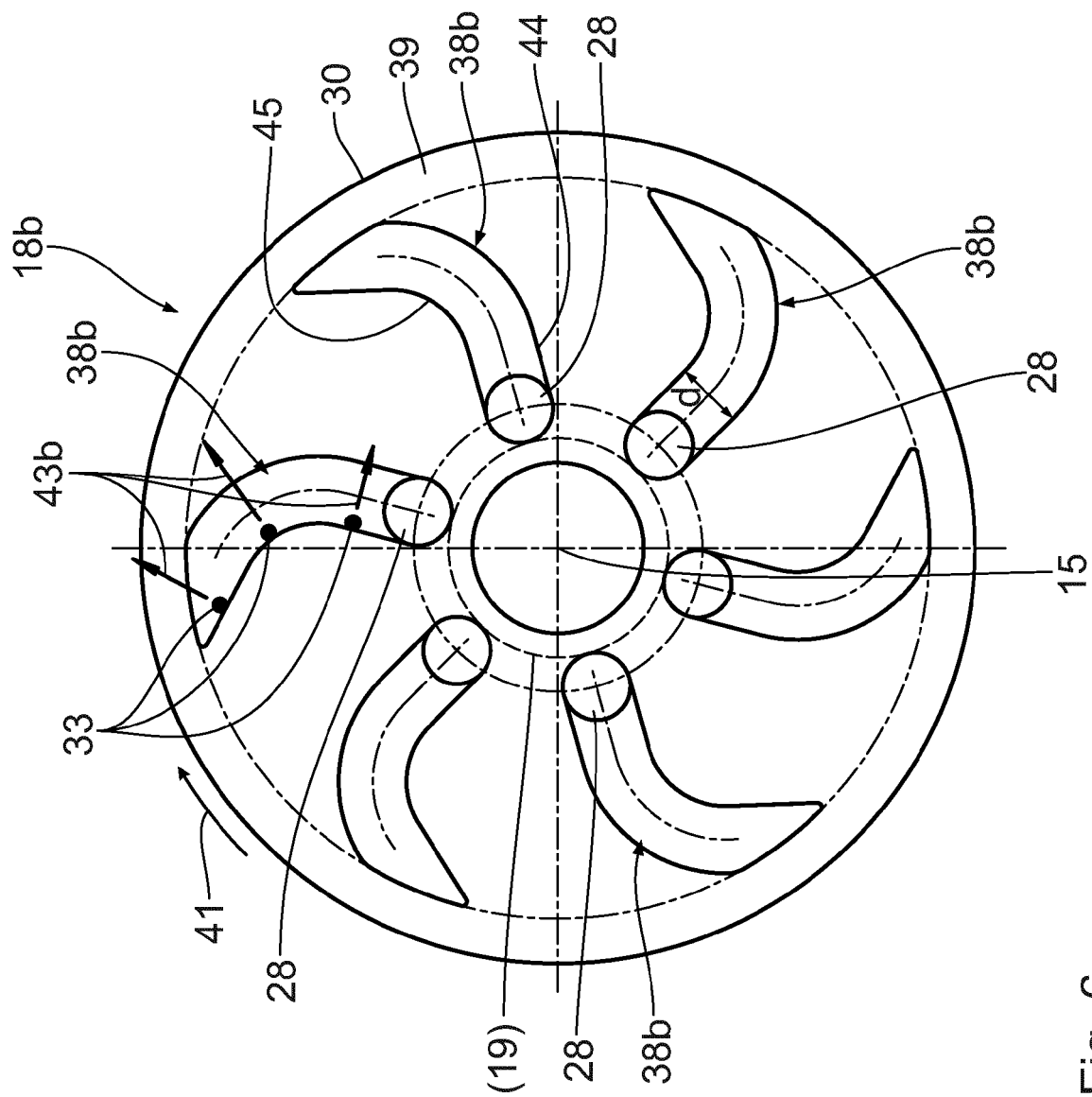


Fig. 5



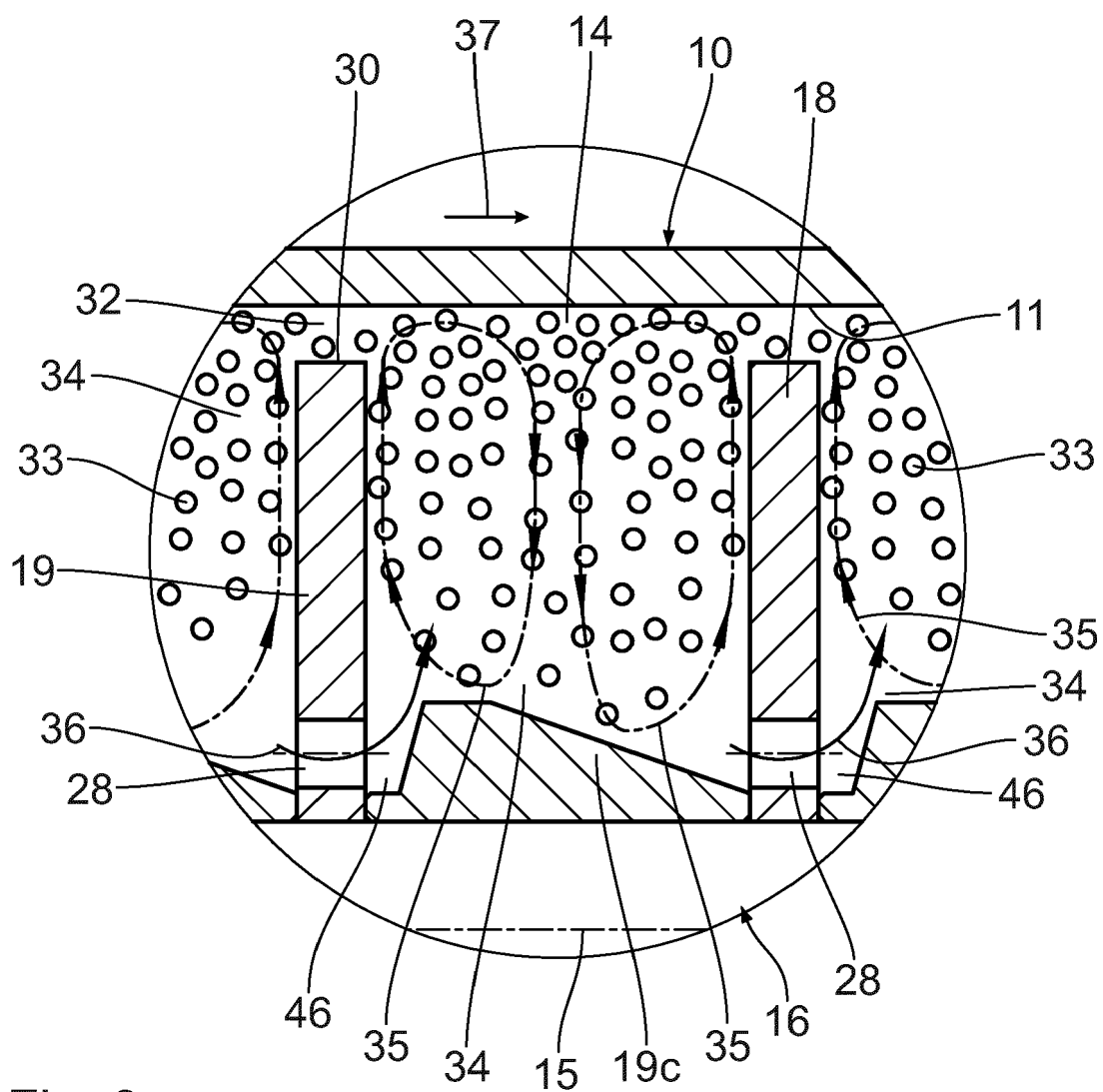


Fig. 8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 19 4369

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2013 111762 A1 (NETZSCH FEINMAHLTECHNIK [DE]) 8. Januar 2015 (2015-01-08)	1-4, 11	INV. B02C17/16
Y	* Abbildung 1a * * Absatz [0062]; Anspruch 1; Abbildung 9e *	2	
X	CH 700 446 A1 (BACHOFEN WILLY A AG [CH]) 31. August 2010 (2010-08-31)	1-4	
Y	* Absatz [0011]; Ansprüche 1, 14; Abbildungen 1, 2 *	2	
X	EP 2 905 080 A1 (BACHOFEN WILLY A AG [CH]) 12. August 2015 (2015-08-12)	1-4	
Y	* Absatz [0002]; Anspruch 1; Abbildungen 1, 8 * * Absatz [0044] *	2	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B02C B01F
Y	CN 202 570 278 U (ZIYANG SAT CHEMICAL CO LTD) 5. Dezember 2012 (2012-12-05) * Abbildungen 1, 2 *	2	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 11. Januar 2017	Prüfer Finzel, Jana
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 19 4369

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

11-01-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	DE 102013111762 A1	08-01-2015	CN 204170782 U DE 102013111762 A1 EP 3019276 A1 JP 2016528032 A KR 20160029825 A US 2016107163 A1 WO 2015003676 A1	25-02-2015 08-01-2015 18-05-2016 15-09-2016 15-03-2016 21-04-2016 15-01-2015
20	CH 700446 A1	31-08-2010	CH 700446 A1 CN 102333597 A EP 2401083 A1 JP 5793087 B2 JP 2012518525 A JP 2015166086 A KR 20110131229 A KR 20160140988 A US 2011303774 A1 WO 2010112274 A1	31-08-2010 25-01-2012 04-01-2012 14-10-2015 16-08-2012 24-09-2015 06-12-2011 07-12-2016 15-12-2011 07-10-2010
30	EP 2905080 A1	12-08-2015	CN 106061613 A EP 2905080 A1 EP 3102332 A1 KR 20160117601 A WO 2015118090 A1	26-10-2016 12-08-2015 14-12-2016 10-10-2016 13-08-2015
35	CN 202570278 U	05-12-2012	KEINE	
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 2178642 A1 [0002] [0003] [0020]