

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. März 2003 (20.03.2003)

PCT

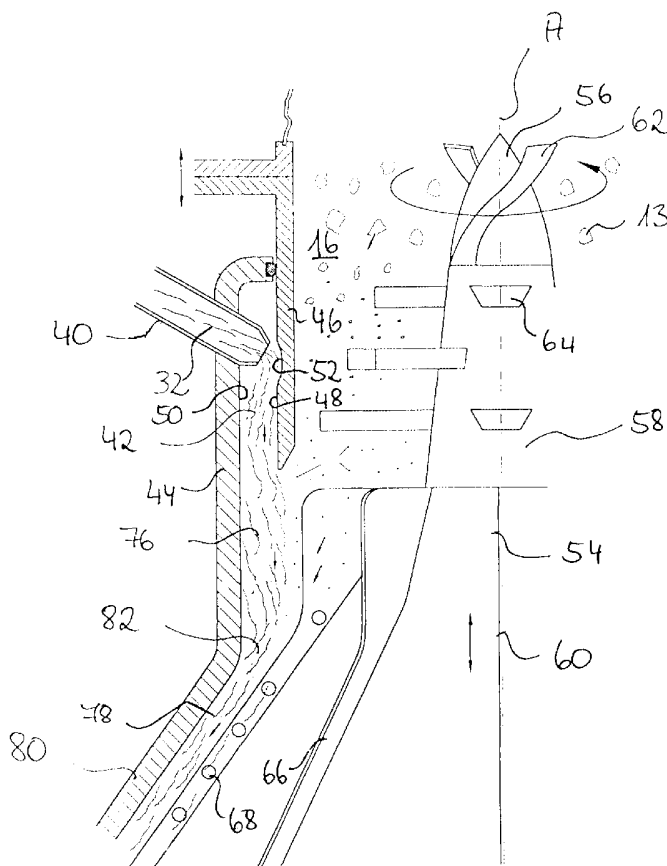
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/022416 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B01F 13/10**, 101 63 397.1 21. Dezember 2001 (21.12.2001) DE
5/00, 5/04, 3/12
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/09265 (71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **NETZSCH-FEINMAHLTECHNIK GMBH** [DE/DE]; Sedanstrasse 70, 95100 Selb (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 19. August 2002 (19.08.2002) (72) **Erfinder; und**
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **SCHERTENLEIB, Peter** [DE/DE]; Plössberger Weg 36, 95100 Selb (DE).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (74) **Anwalt: BEYER, Andreas**; Wuesthoff & Wuesthoff, Schweigerstrasse 2, 81541 München (DE).
- (30) Angaben zur Priorität: 101 39 413.6 17. August 2001 (17.08.2001) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR MIXING A SOLID AND A FLUID

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM VERMISCHEN EINES FESTSTOFFS MIT EINER FLÜSSIGKEIT



(57) **Abstract:** A device (10) for mixing a powder or granular material (13) with a fluid (32), comprises at least one solid feed device and at least one fluid feed device (37, 38, 40). The supplied fluid (32) is set in a rotating motion in an acceleration chamber (42) and accelerated to a given speed, whilst the supplied solid particles (13) are set in a rotating motion in a solid feed chamber (16). The device (10) further comprises a mixing chamber (76), for mixing the solid particles (13) with the fluid to give a suspension whilst maintaining the rotating motion previously generated. The rotating suspension is accelerated in a compression chamber (78) in such a manner that a suction effect is generated in an entry region (82) to the compression chamber (78), which at least essentially deaerates the introduced solid bulk material (13).

(57) **Zusammenfassung:** Eine Vorrichtung (10) zum Vermischen eines pulverförmigen oder körnigen Feststoffs (13) mit einer Flüssigkeit (32) umfasst mindestens eine Feststoff-Zufuhreinrichtung und mindestens eine Flüssigkeits-Zufuhreinrichtung (37, 38, 40). In einem Beschleunigungsraum (42) wird die zugeführte Flüssigkeit (32) in eine Drehbewegung versetzt und auf eine vorbestimmte Geschwindigkeit beschleunigt, während die zugeführten Feststoffteilchen (13) in einem Feststoff-Zufuhrraum (16) in eine Drehbewegung versetzt werden. Ferner umfasst die Vorrichtung (10) einen Mischraum (76) zum Vermischen der Feststoffteilchen (13) mit der Flüssigkeit (32) zu einer Suspension

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 03/022416 A1



(81) **Bestimmungsstaaten** (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,

TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

unter Aufrechterhaltung der zuvor erzeugten Drehbewegung. In einem Verdichterraum (78) wird die sich drehende Suspension derart beschleunigt, dass in einem Eintrittsbereich (82) des Verdichterraums (78) eine Saugwirkung entsteht, die die zugeführte Feststoffschüttung (13) zumindest im wesentlichen entlüftet.

Vorrichtung und Verfahren zum Vermischen eines Feststoffs mit einer Flüssigkeit

5 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Vermischen eines pulverförmigen oder körnigen Feststoffs mit einer Flüssigkeit. Eine solche Mischvorrichtung ist aus der DE 196 29 945 C2 bekannt. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Vermischen eines Feststoffs mit einer Flüssigkeit.

10 Bei der Vermischung einer Trockensubstanz mit einer Flüssigkeit ist es zur Erzeugung einer homogenen Suspension wesentlich, dass die Oberflächen der Feststoffpartikel vollständig mit der Flüssigkeit benetzt werden. Die vollständige Benetzung der Pulverpartikel mit der Flüssigkeit wird jedoch erschwert, wenn die in die Flüssigkeit einzubringende Trockensubstanz in Form einer Pulverschüttung vorliegt oder aus den
15 Primärteilchen des Pulvers geformte Agglomerate enthält. In einem derartigen Fall wird die freie Oberfläche der Pulverschüttung oder der Agglomerate rasch mit der Flüssigkeit benetzt, anschließend verlangsamt sich der Benetzungsvorgang jedoch erheblich, da in den Kapillaren der Pulverschüttung oder der Pulveragglomerate eingeschlossene Luft ein Eindringen der Flüssigkeit in die Kapillaren behindert. Zur
20 Lösung dieses Problems weisen bekannte Mischvorrichtungen, bei denen der Feststoff in Form einer Pulverschüttung zugeführt wird oder aus den Primärteilchen des Pulvers geformte Agglomerate enthält, üblicherweise Einrichtungen zum Einbringen von Scherkräften in die Feststoff/Flüssigkeits-Suspension auf. Durch diese Scherkräfte werden miteinander verbundene Partikel der Pulverschüttung voneinander ge-
25 trennt bzw. Pulveragglomerate zerkleinert, so dass die Benetzung der neu entstandenen freien Oberflächen möglich wird.

Bei der aus der DE 196 29 945 C2 bekannten Mischvorrichtung ist in einer Mischkammer, in der die Vermischung des Feststoffs mit der Flüssigkeit erfolgt, ein Rotor
30 angeordnet, an dem entlang einer Rotorachse A eine Mehrzahl von propellerartig ausgebildeten Mischflügeln befestigt sind. Durch die über die Mischflügel in die Suspension eingebrachten und von der Rotordrehzahl abhängigen Scherkräfte werden in dem Feststoff erhaltene Agglomerate zerkleinert, so dass eine intensive Vermischung der Flüssigkeit mit der Trockensubstanz möglich wird. Diese bekannte
35 Mischvorrichtung hat den Nachteil, dass zum Aufbringen der erforderlichen Scherkräfte insbesondere bei der Verwendung hochviskoser Flüssigkeiten oder bei Suspensionen mit einem hohen Feststoffanteil ein hoher Energieaufwand erforderlich ist.

- 2 -

Aus der DE 12 72 894 ist eine Vorrichtung zum Mischen eines pulverförmigen Stoffes mit einer Flüssigkeit bekannt. Das Gehäuse dieser Mischvorrichtung weist hierzu einen zylindrischen Einlasskanal für das Pulver auf. In diesem Einlasskanal sorgt ein Arbeitskegel, der mit Mischflügeln besetzt ist und der Flüssigkeitszuleitungen aufweist, für den Einzug der beiden Komponenten in die Dispergierkammer. Die Dispergierkammer wird durch ein Gehäuse und einen in diesem Gehäuse rotierenden Kegelstumpf gebildet. Sowohl der Kegelstumpf als auch der Ableitkegel mit seinen Mischflügeln werden jeweils über getrennt angeordnete Antriebe im Ständerteil der Mischvorrichtung angetrieben. Die kegelförmige Innenfläche des Gehäuses bildet mit dem kegelförmigen Rotor eine kegelformige Kammer. Am Ende dieser Kammer sitzen Schaufeln, die für die Abförderung des Gemisches in Richtung einer Auslassleitung sorgen.

Aus der DE 10 67 720 geht eine Vorrichtung zum Durchmischen von keramischen Massen hervor. Die dazu eingesetzte Vorrichtung besitzt einen Fülltrichter, dem sich eine Schnecke anschließt, die das gegebenenfalls vorzerkleinerte keramische Gut in einen Gutdurchtrittskanal fördert. Dieser Gutdurchtrittskanal verzweigt sich zum Auslass aufgrund der unterschiedlichen Kegelformen zwischen dem Gehäuse und der rotierenden Kegelfläche des Rotors.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Vermischen eines pulverförmigen oder körnigen Feststoffs mit einer Flüssigkeit bereitzustellen, durch die die Benetzung der Pulverpartikel mit der Flüssigkeit gefördert wird.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung gemäß dem Anspruch 1 und ein Verfahren gemäß dem Anspruch 17 gelöst. Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein mit einer Flüssigkeit zu vermischender Feststoff durch mindestens eine Feststoff-Zufuhreinrichtung in einen Feststoff-Zufuhrraum eingetragen, wo die Feststoffpartikel in eine Drehbewegung versetzt werden. Die Flüssigkeit wird von mindestens einer Flüssigkeits-Zufuhreinrichtung in einen Beschleunigungsraum geleitet. Dabei kann die von der Flüssigkeits-Zufuhreinrichtung zugeführte Flüssigkeit aus einer oder mehreren Komponente(n) bestehen und die Flüssigkeit kann auch bereits einen gewissen Feststoffanteil enthalten. Im Beschleunigungsraum wird die Flüssigkeit in eine Drehbewegung versetzt und auf eine vorbestimmte Geschwindigkeit beschleunigt.

Anschließend strömt die Flüssigkeit in einen Mischraum, wo sie mit den Feststoffteilchen unter Aufrechterhaltung der zuvor erzeugten Drehbewegung vermischt wird. Vom Mischraum wird die Feststoff/Flüssigkeits-Suspension in einen Verdichterraum geleitet, in dem die sich drehende Suspension beschleunigt wird.

5

Durch die erhöhte Strömungsgeschwindigkeit der Suspension im Verdichterraum und den dadurch verminderten statischen Druck entsteht in einem Eintrittsbereich des Verdichterraums eine Saugwirkung, so dass die in den Kapillaren der Feststoffschüttung oder der Pulveragglomerate befindliche Luft angesaugt wird. Dadurch wird die

10 zugeführte Feststoffschüttung vor dem Eintritt in den Verdichterraum zumindest im wesentlichen entlüftet und die Benetzung der Pulverteilchen mit der Flüssigkeit im Mischraum gefördert.

10

Ferner liegt im Verdichterraum aufgrund der erhöhten Strömungsgeschwindigkeit der

15 Suspension ein erhöhter dynamischer Druck vor. Infolge dessen dringt die Flüssigkeit nicht mehr nur aufgrund der Kapillarkräfte in die entlüfteten Kapillaren der Feststoffschüttung oder der Pulveragglomerate ein, sondern wird unter Druck in die Kapillaren gepresst. Somit kann auch ohne das Einbringen von Scherkräften in die Feststoff/Flüssigkeits-Suspension eine rasche und vollständige Benetzung der Pulverpartikel mit der Flüssigkeit erreicht werden. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann bei

20 der Herstellung von Suspensionen aus Feststoffen und Flüssigkeiten für den niedrig- bis hochviskosen Bereich eingesetzt werden.

20

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung umfasst die Feststoff-Zufuhreinrichtung

25 eine Impulsförderungseinrichtung zum Zuführen des Feststoffs und Abdichten des Feststoff-Zufuhrraums von der Umgebungsatmosphäre. Wenn der Feststoff-Zufuhrraum durch eine Impulsförderungseinrichtung von der Umgebungsatmosphäre abgedichtet ist, wird durch die Saugwirkung im Eintrittsbereich des Verdichterraums im Feststoff-Zufuhrraum ein Unterdruck erzeugt. Dadurch werden die zugeführten

30 Feststoffpartikel bereits im Feststoff-Zufuhrraum weitestgehend entlüftet, wodurch die Benetzung mit der Flüssigkeit im Mischraum gefördert wird. Darüber hinaus expandiert die in den Kapillaren der zugeführten Pulveragglomerate befindliche Luft, so dass die Agglomerate zumindest teilweise zerstört werden und somit die einer raschen Benetzung zugängliche freie Pulveroberfläche vergrößert wird. Ferner

35 transportiert die zum Eintrittsbereich des Verdichterraums strömende Luft die Pulverpartikel in den Mischraum, wo sie zur Vermischung mit der Flüssigkeit bereitstehen. Geeignete Impulsförderungseinrichtungen sind beispielsweise ein Doppelkammerför-

30

35

derer, eine Zellenradschleuse oder ein System mit zwei drehbaren Kugelventilen und einer Zwischenkammer.

5 Um die Flüssigkeit im Beschleunigungsraum in eine Drehbewegung zu versetzen und zu beschleunigen, umfasst die Flüssigkeits-Zufuhreinrichtung vorzugsweise mindestens eine Einlassdüse, die tangential zur Strömungsrichtung der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum angeordnet und in Strömungsrichtung geneigt ist. Durch die mindestens eine Einlassdüse kann eine aus einer oder mehreren Komponente(n) bestehende reine Flüssigkeit oder eine Flüssigkeit zugeführt werden, die bereits
10 einen bestimmten Feststoffanteil enthält. Vorzugsweise sind vier bis sechs Einlassdüsen vorgesehen. Ferner kann zur Verstärkung der Beschleunigungswirkung eine Vorrichtung zum unter Druck setzen der zuzuführenden Flüssigkeit vorhanden sein. Geeignete Vorrichtungen sind z.B. eine Pumpe oder ein Winddruckkessel.

15 Vorzugsweise hat der Beschleunigungsraum einen im wesentlichen kreisringförmigen Querschnitt und ist durch eine Trennwand von dem Feststoff-Zufuhrraum getrennt. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung können der Beschleunigungsraum und der Feststoff-Zufuhrraum im Inneren eines zylindrischen Gehäuses angeordnet sein, wobei der Beschleunigungsraum den
20 Feststoff-Zufuhrraum umgibt. Diese Anordnung ermöglicht einen kompakten Aufbau der Mischvorrichtung.

An einer dem Beschleunigungsraum zugewandten Fläche der Trennwand und/oder einer dem Beschleunigungsraum zugewandten Fläche einer den Beschleunigungsraum zumindest teilweise begrenzenden äußeren Wandung können spiralförmig
25 verlaufende und in Strömungsrichtung geneigte Strömungskanäle ausgebildet sein. Diese Strömungskanäle stabilisieren die Drehbewegung der Flüssigkeit und können entweder durch in der Trennwand und/oder der äußeren Wandung ausgebildete Ausnehmungen oder durch an der Trennwand und/oder der äußeren Wandung
30 angebrachte Stege gebildet werden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung sind die Trennwand und/oder die den Beschleunigungsraum zumindest teilweise begrenzende äußere Wandung und/oder eine den Mischraum zumindest teilweise
35 begrenzende äußere Wandung drehbar. Die drehbare Anordnung der oben genannten Wandungen ermöglicht die Aufrechterhaltung der Drehgeschwindigkeit der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum und/oder der Suspension im Mischraum, da ein

Abbremsen der Drehbewegung durch den Oberflächenwiderstand der Wandungen vermieden wird. Derartige drehbare Wandungen sind insbesondere bei der Verarbeitung hochviskoser oder strukturviskoser Flüssigkeiten vorteilhaft.

5 Vorzugsweise ist die Trennwand zwischen dem Beschleunigungsraum und dem Feststoff-Zufuhrraum axial verschiebbar. Durch eine axiale Verschiebung der Trennwand (sogenannte Auto-Schottverstellung) können die Fließstrecken der Flüssigkeit bzw. der Suspension im Beschleunigungsraum bzw. im Mischraum in Abhängigkeit der Viskosität und des Fließverhaltens der Flüssigkeit bzw. der Suspension variiert
10 werden, um beispielsweise einem Strömungsabriss vorzubeugen. Bei einer Verschiebung der Trennwand in Richtung des Verdichterraums wird die Fließstrecke der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum vergrößert, während die Fließstrecke der Suspension im Mischraum verkleinert wird. Bei einer Verschiebung der Trennwand in entgegengesetzter Richtung wird die Fließstrecke der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum verkleinert, während die Fließstrecke der Suspension im Mischraum vergrößert
15 wird.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung ist ein Rotor vorhanden, der vorzugsweise einen ersten, einen zweiten und einen dritten
20 Rotorabschnitt aufweist, wobei der erste Rotorabschnitt ein der Feststoff-Zufuhreinrichtung zugewandter, im Feststoff-Zufuhrraum angeordneter Abschnitt des Rotors ist. Ferner kann der erste Rotorabschnitt mit einem Vorbehandlungskopf versehen sein, der die zugeführten Feststoffagglomerate grob zerkleinert und zu einer Drehbewegung beschleunigt. Dieser Vorbehandlungskopf kann in Form einer
25 Zerkleinerungsschnecke ausgebildet sein. Der erste Rotorabschnitt mit der Zerkleinerungsschnecke kann über Schraub- oder Steckverbindungen mit dem zweiten Rotorabschnitt verbunden sein, so dass er mit dem gleichen Antrieb wie die übrigen Rotorabschnitte in Rotation versetzt werden kann. Alternativ dazu kann auch ein
30 getrennter Antrieb für den ersten und den zweiten Rotorabschnitt vorgesehen werden. Der Rotor kann mit einer Drehgeschwindigkeit von 1500 – 2500 UpM und vorzugsweise mit einer Drehgeschwindigkeit von ca. 1500 UpM betrieben werden und sich von einem Einlassbereich der Mischvorrichtung bis in deren Auslassbereich erstrecken.

35 Vorzugsweise ist/sind die drehbare Trennwand und/oder die den Beschleunigungsraum zumindest teilweise begrenzende äußere Wandung und/oder die den Mischraum zumindest teilweise begrenzende äußere Wandung mit dem Rotor verbunden.

Durch eine derartige Anordnung können die Feststoffteilchen im Feststoff-Zufuhrraum und die Flüssigkeit im Beschleunigungsraum und/oder die Suspension im Mischraum in zueinander synchronen Drehbewegungen gehalten werden.

5 Der zweite Rotorabschnitt kann sich zumindest teilweise in den Feststoff-Zufuhrraum erstrecken und mit Zerstäubungsmessern versehen sein. Mittels der Zerstäubungsmesser werden die eingebrachten Pulverteilchen fein zerstäubt, so dass die einer raschen Benetzung zugängliche freie Pulveroberfläche vergrößert wird. Darüber hinaus werden die Feststoffpartikel durch die Rotation der Zerstäubungsmesser zu
10 einer Drehbewegung beschleunigt.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung weist der Verdichterraum einen ringspaltförmigen Querschnitt auf und wird von einem kegelstumpfförmig ausgebildeten Abschnitt einer äußeren Wandung und dem
15 zumindest im Bereich des Verdichterraums kegelstumpfförmig ausgebildeten dritten Rotorabschnitt begrenzt. Durch diese Ausgestaltung des Verdichterraums und des Rotors wird auf einfache Art und Weise die Beschleunigung der durch den Verdichterraum strömenden Feststoff/Flüssigkeits-Suspension erreicht. Darüber hinaus können über den kegelstumpfförmig ausgebildeten dritten Rotorabschnitt Scherkräfte
20 in die Suspension eingetragen werden, wodurch die Homogenität der Suspension verbessert wird. Der Rotor kann auch mehrere kegelstumpfförmige Abschnitte umfassen, die jeweils unterschiedliche Kegelwinkel aufweisen können. Alternativ dazu kann der Rotor auch eine birnenähnliche Form mit gewölbten Flächen haben. Wenn sich der Rotor vom Einlassbereich der Mischvorrichtung bis in deren Auslassbereich
25 erstreckt, kann ein sich zwischen dem Einlassbereich und dem Auslassbereich der Mischvorrichtung verjüngender Ringspalt zwischen dem Rotor und einem Gehäuse der Mischvorrichtung gebildet werden, wobei eine innere Gehäusewand und die entsprechende Kegelstumpffläche des Rotors vorzugsweise in einem spitzen Winkel von 3° bis 8° zueinander verlaufen.

30 Vorzugsweise umfasst die erfindungsgemäße Mischvorrichtung eine erste Erfassungseinrichtung zur Erfassung der Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum und/oder eine zweite Erfassungseinrichtung zur Erfassung der Strömungsgeschwindigkeit der Suspension im Verdichterraum sowie eine erste
35 Regeleinrichtung zum Regeln der Drehgeschwindigkeit des Rotors in Abhängigkeit der erfassten Strömungsgeschwindigkeit(en). Die Erfassung der Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum und die entsprechende

Regelung der Rotorgeschwindigkeit ermöglicht es, die Drehbewegung der Feststoffteilchen im Feststoff-Zufuhrraum auf die Drehbewegung der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum abzustimmen. Durch die Messung der Strömungsgeschwindigkeit der Suspension im Verdichterraum und die entsprechende Regelung der Rotorgeschwindigkeit kann die Strömungsgeschwindigkeit der Suspension im Verdichterraum überwacht und geregelt werden, so dass sichergestellt werden kann, dass die Suspension im Verdichterraum auf eine ausreichend hohe Geschwindigkeit beschleunigt wird, um eine ordnungsgemäße Funktion der Mischvorrichtung zu gewährleisten.

Die Regeleinrichtung regelt die Drehgeschwindigkeit des Rotors vorzugsweise so, dass sie der Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum entspricht. Auf diese Weise können die Feststoffteilchen im Feststoff-Zufuhrraum in eine zur Drehbewegung der Flüssigkeit im Beschleunigungsraum synchrone Drehbewegung versetzt werden, so dass im Mischraum eine laminare Strömung entsteht. Darüber hinaus kann ein "Verspritzen" der Flüssigkeit beim Übergang vom Beschleunigungsraum in den Mischraum vermieden werden, so dass die Bildung von Ablagerungen oder Verkrustungen an den Wandungen der Mischvorrichtung durch schnell trocknende Flüssigkeiten verhindert wird. Das Aufbringen einer Trennbeschichtung, wie z.B. einer Teflonbeschichtung auf die Wandungen ist daher nicht mehr zwingend erforderlich.

An dem dritten Rotorabschnitt sind vorzugsweise stegförmige Fördereinrichtungen angeordnet. Der Einsatz derartiger Fördereinrichtungen ist insbesondere bei der Verarbeitung niedrigviskoser Suspensionen vorteilhaft, da sie zu einer Erhöhung des Anfahrwiderstands und damit zu einer erhöhten Beschleunigung und einer verbesserten Homogenität der Suspension im Verdichterraum führen. Vorzugsweise verlaufen die Fördereinrichtungen im Bereich des Verdichterraums in einem Winkel von 15° bis 45° zur Rotorachse. Zur Anpassung des Energieeintrags an die Viskosität der zu verarbeitenden Suspension sowie zur weiteren Verbesserung der Homogenität der Suspension im Verdichterraum können die Fördereinrichtungen jeweils mit Bohrungen versehen sein. Die Fördereinrichtungen können sich auch über die gesamte axiale Länge des Rotors erstrecken. Zur Verbesserung des Einzugsverhaltens der Trockenstoffe sind die Fördererlemente dann im Bereich des Feststoff-Zufuhrraums vorzugsweise um einen Winkel von 15° bis 45° zur Rotorachse in Drehrichtung geneigt und weisen dort eine größere Höhe auf als im Verdichterraum. Dadurch kann, unabhängig davon, ob sich der zwischen dem Rotor und dem Gehäuse gebildete Ringspalt in Richtung des Auslassbereichs der Mischvorrichtung verjüngt, der

Abstand zwischen den Fördereinrichtungen und einer inneren Gehäusewand konstant gehalten werden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung ist der Rotor axial verschiebbar. Durch eine axiale Verschiebung des Rotors können der Querschnitt des Verdichtungsraums und somit die in die Suspension im Verdichterraum einbrachten Scherkräfte in Abhängigkeit der Viskosität der zu verarbeitenden Suspension variiert werden. Ferner kann durch die axiale Verschiebbarkeit des Rotors einer Beschädigung der Mischvorrichtung durch in den Feststoffen enthaltene Fremdkörper entgegengewirkt werden.

Die erfindungsgemäße Mischvorrichtung kann ferner eine dritte Erfassungseinrichtung zur Erfassung des im Feststoff-Zufuhrraum vorherrschenden Drucks und eine zweite Regeleinrichtung zum Regeln der Dosiergeschwindigkeit(en) der Feststoff-Zufuhreinrichtung und/oder der Flüssigkeits-Zufuhreinrichtung umfassen. Eine derartige Anordnung dient der Überflutungssicherheit der Mischvorrichtung, da sie beispielsweise bei einem Druckanstieg im Feststoff-Zufuhrraum infolge einer Sättigung der Flüssigkeit mit dem zugeführten Feststoff eine entsprechende Anpassung der Dosiergeschwindigkeit(en) der Feststoff-Zufuhreinrichtung und/oder der Flüssigkeits-Zufuhreinrichtung ermöglicht. Hieraus ergibt sich auch eine Unterbrechung der Feststoffzufuhr als Trockenlaufschutz.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist im Mischraum die Flüssigkeitsoberflächenströmung im wesentlichen gleich der spezifischen Teilchenoberfläche der in den Mischraum eingebrachten Feststoffteilchen.

Vorzugsweise beträgt eine vertikale Fließgeschwindigkeit der Suspension im Mischraum mindestens 1-2 m/s, so dass ein Oberflächenaustausch von mindestens 1-2 m²/s erhalten wird.

Verschiedene Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung werden im folgenden anhand der beigefügten schematischen Figuren näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung;

Fig. 2 einen Ausschnitt des in Fig. 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung;

5 Fig. 3 einen Ausschnitt eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung;

Fig. 4 einen Ausschnitt eines dritten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung;

10 Fig. 5 einen Ausschnitt eines vierten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung;

Fig. 6 einen Ausschnitt eines fünften Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung;

15 Fig. 7 eine Querschnittsansicht des Rotors der in der Fig. 6 gezeigten Mischvorrichtung; und

20 Fig. 8 eine Draufsicht auf den in der Fig. 7 dargestellten Rotor.

25 Die Fig. 1 zeigt eine allgemein mit 10 bezeichnete Vorrichtung zum Vermischen eines Feststoffs mit einer Flüssigkeit. Die Vorrichtung umfasst einen Vorlagebehälter 12 mit einer Feststoffschüttung 13, die über eine Impulsförderungseinrichtung 14 in einen Feststoff-Zufuhrraum 16 eingebracht wird.

30 Die Impulsförderungseinrichtung 14 weist ein erstes Kugelventil 18 auf, das über einen Kettentrieb 20 mit einem zweiten Kugelventil 22 synchronisiert ist und von einem Antriebsmotor 24 angetrieben wird. Zwischen dem ersten und dem zweiten Kugelventil 18, 22 befindet sich eine Zwischenkammer 26. Wenn sich das erste Kugelventil 18 in seiner geöffneten Stellung befindet, wird die Zwischenkammer 26 mit der in dem Vorlagebehälter 12 enthaltenen Feststoffschüttung 13 beschickt, während das zweite Kugelventil 22 den Feststoff-Zufuhrraum 16 gegen die Umgebungsatmosphäre abdichtet. Anschließend wird, wie es in der Zeichnung dargestellt ist, das zweite Kugelventil 22 geöffnet, so dass die in der Zwischenkammer 26
35 befindliche Feststoffschüttung 13 in den Feststoff-Zufuhrraum 16 entleert wird. Das erste Kugelventil 18 befindet sich dann in seiner Schließstellung.

Zur Regelung der Dosiergeschwindigkeit der Impulsförderungseinrichtung 14 ist eine Druckmesseinrichtung 28 zur Erfassung des Drucks im Feststoff-Zufuhrraum 16 sowie eine Regeleinrichtung 30 vorhanden, die die Leistung des Antriebsmotors 24 in Abhängigkeit des von der Druckmesseinrichtung 28 erfassten Drucks regelt. Bei einer Zunahme des Drucks im Feststoff-Zufuhrraum 16 regelt die Regeleinrichtung 30 die Leistung des Antriebsmotors 24 derart, dass die Dosiergeschwindigkeit der Impulsförderungseinrichtung 14 verringert wird. Darüber hinaus kann die Regeleinrichtung 30 über eine in der Figur nicht dargestellte Verbindungsleitung mit der Pumpe 38 verbunden werden und die Dosiergeschwindigkeit der in den Beschleunigungsraum 42 zugeführten Flüssigkeit 32 in Abhängigkeit des von der Druckmesseinrichtung 28 erfassten Drucks im Feststoff-Zufuhrraum 16 regeln.

Eine mit der Feststoffschüttung 13 zu vermischende Flüssigkeit 32 befindet sich in einem Behälter 34, in den über eine Dosierleitung 36 eine oder mehrere Flüssigkeitskomponenten eingeleitet werden. Abstromseitig von dem Behälter 34 ist in einer Zufuhrleitung 37 eine Pumpe 38 angeordnet, die die Flüssigkeit 32 von dem Behälter 34 unter Druck zu einer Einlassdüse 40 fördert.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, strömt die Flüssigkeit 32 aus der Einlassdüse 40 in einen Beschleunigungsraum 42. Die Einlassdüse 40 ist tangential zu einer Gehäusewandung 44 und damit tangential zur Strömungsrichtung der Flüssigkeit 32 im Beschleunigungsraum 42 angeordnet und in Strömungsrichtung geneigt. Der Beschleunigungsraum 42 weist einen kreisringförmigen Querschnitt auf und wird von der Gehäusewandung 44 sowie von einer axial verschiebbaren Trennwand 46 begrenzt, die den Beschleunigungsraum 42 von dem Feststoff-Zufuhrraum 16 trennt. An einer dem Beschleunigungsraum 42 zugewandten Fläche 48 der Trennwand 46 und einer dem Beschleunigungsraum 42 zugewandten Fläche 50 der Gehäusewandung 44 sind spiralförmig und in Strömungsrichtung geneigt verlaufende Ausnehmungen 52 vorhanden, die jeweils Strömungskanäle für die in eine Drehbewegung versetzte Flüssigkeit 32 bilden.

Ein entlang einer Rotorachse A verschiebbarer Rotor 54 weist einen ersten, einen zweiten und einen dritten Rotorabschnitt 56, 58, 60 auf, wobei der erste Rotorabschnitt 56 der Impulsförderungseinrichtung 14 zugewandt und im Feststoff-Zufuhrraum 16 angeordnet ist. Ferner ist der erste Rotorabschnitt 56 mit einem Vorbehandlungskopf 62 versehen. Der zweite Rotorabschnitt 58 ist ebenfalls im Feststoff-Zufuhrraum 16 angeordnet und weist mehrere sich senkrecht zur Rotorach-

se A erstreckende Zerstäubungsmesser 64 auf. An dem kegelstumpfförmig ausgebildeten dritten Rotorabschnitt 60 sind eine Mehrzahl von Förderstegen 66 befestigt, die zum Teil mit Bohrungen 68 versehen sind. Wie in Fig. 1 dargestellt ist, wird der Rotor 54 von einem Rotorantriebsmotor 70 angetrieben. Die axiale Verschiebung des Rotors 54 wird mittels einer mit einem Kolben 72 verbundenen Hydraulikpumpe 74 realisiert.

Abstromseitig des Beschleunigungsraums 42 befinden sich ein Mischraum 76 sowie ein Verdichterraum 78. Der Verdichterraum 78 hat einen ringspaltförmigen Querschnitt und wird von einem kegelstumpfförmig ausgebildeten Abschnitt 80 der Gehäusewandung 44 und dem kegelstumpfförmig ausgebildeten dritten Rotorabschnitt 60 begrenzt.

Durch das Einleiten der druckbeaufschlagten Flüssigkeit 32 durch die tangential zur Gehäusewandung 44 angeordnete und in Strömungsrichtung geneigte Einlassdüse 40 wird die Flüssigkeit 32 im Beschleunigungsraum 42 in eine Drehbewegung versetzt und auf eine vorbestimmte Geschwindigkeit beschleunigt. Die von der Impulsförderungseinrichtung 14 zugeführten Feststoffe 13 werden im Feststoff-Zufuhrraum 16 von dem Rotor 54 ebenfalls in eine Drehbewegung versetzt, wobei in den Feststoffen 13 vorhandene Pulveragglomerate zuerst von dem Vorbehandlungskopf 62 grob zerkleinert und anschließend von den Zerstäubungsmessern 64 fein zerstäubt werden. Mittels einer in der Zeichnung nicht dargestellten Strömungsgeschwindigkeits-Messeinrichtung wird die Geschwindigkeit der Flüssigkeit 32 im Beschleunigungsraum 42 erfasst. Eine ebenfalls nicht dargestellte Regeleinrichtung regelt die Drehgeschwindigkeit des Rotors 54 derart, dass sie der Geschwindigkeit der Flüssigkeit 32 im Beschleunigungsraum 42 entspricht. Dadurch werden die Flüssigkeit 32 im Beschleunigungsraum 42 und die Feststoffe 13 im Feststoff-Zufuhrraum 16 in zueinander synchrone Drehbewegungen versetzt, so dass im Mischraum 76 eine laminare Strömung entsteht.

Aus dem Beschleunigungsraum 42 strömt die Flüssigkeit 32 mit einer gleichbleibenden Drehgeschwindigkeit in den Mischraum 76, wo sie mit den Feststoffteilchen 13 gemischt wird, wobei die Feststoffpartikel 13 in Form von feinerstäubten Agglomeraten, nicht jedoch als Primärteilchen vorliegen. Die Pulverteilchen 13 werden durch die infolge der Drehbewegung entstandenen Zentrifugalkräfte in Richtung der entlang der Gehäusewandung 44 strömenden Flüssigkeitsschicht transportiert. Durch den Oberflächenwiderstand der Gehäusewandung 44 entstehen Tiefenwirbel in der

Flüssigkeitsschicht, durch die auch die direkt entlang der Gehäusewandung 44 strömenden Flüssigkeitsschichten in Richtung der dem Feststoff-Zufuhrraum 16 zugewandten Oberfläche der Flüssigkeitsströmung transportiert werden, wo sie zur Mischung mit den zugeführten Feststoffpartikeln 13 zur Verfügung stehen. Durch eine axiale Verschiebung der Trennwand 46 (sogenannte Auto-Schottverstellung) können die Fließstrecken der Flüssigkeit 32 im Beschleunigungsraum 42 bzw. der Suspension im Mischraum 76 in Abhängigkeit der Viskosität und des Fließverhaltens der Flüssigkeit 32 bzw. der Suspension variiert werden, um beispielsweise einem Strömungsabriss vorzubeugen.

Aus dem Mischraum 76 strömt die Feststoff/Flüssigkeits-Suspension in den Verdichterraum 78, wo sie mittels des kegelstumpfförmig ausgebildeten dritten Rotorabschnitts 60 beschleunigt wird. Durch die erhöhte Strömungsgeschwindigkeit der Suspension im Verdichterraum 78 entsteht in einem Eintrittsbereich 82 des Verdichterraums 78 infolge des durch die Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit verminderten statischen Drucks eine Saugwirkung (Strahlpumpeneffekt), so dass die in den Kapillaren der feinen Pulveragglomerate 13 befindliche Luft angesaugt wird. Da die Impulsförderungseinrichtung 14 zudem den Feststoff-Zufuhrraum 16 gegen die Umgebungsatmosphäre abdichtet, entsteht im Feststoff-Zufuhrraum 16 ein Unterdruck, so dass die zugeführten Feststoffteilchen 13 bereits im Feststoff-Zufuhrraum 16 entlüftet werden. Dadurch wird die Benetzung der entlüfteten Pulverteilchen 13 mit der Flüssigkeit 32 im Mischraum 76 gefördert, so dass die Pulverpartikel 13 beim Eintritt in den Verdichterraum 78 bereits weitestgehend mit der Flüssigkeit benetzt sind. Mittels einer in der Zeichnung nicht dargestellten Strömungsgeschwindigkeits-Messeinrichtung wird die Geschwindigkeit der Suspension im Verdichterraum 78 erfasst. Eine ebenfalls nicht dargestellte Regeleinrichtung regelt die Drehgeschwindigkeit des Rotors 54 so, dass sichergestellt wird, dass die Suspension im Verdichterraum 78 auf eine ausreichende hohe Geschwindigkeit beschleunigt wird, um eine ordnungsgemäße Funktion der Mischvorrichtung 10 zu gewährleisten und um durch Einstellen einer Relativgeschwindigkeit gleich Null ein Spritzen oder Sprühen zu verhindern.

Durch den Unterdruck im Feststoff-Zufuhrraum 16 expandiert die in den Kapillaren der zugeführten Pulveragglomerate 13 befindliche Luft, so dass die Agglomerate 13 zumindest teilweise zerstört werden. Darüber hinaus transportiert die zum Eintrittsbereich 82 des Verdichterraums 78 strömende Luft die Pulverpartikel 13 in den

Mischraum 76, wo sie infolge der Zentrifugalkräfte in die laminare Fließstrecke eintauchen.

5 Im Verdichterraum 78 liegt aufgrund der erhöhten Strömungsgeschwindigkeit der Suspension ein erhöhter dynamischer Druck vor. Infolge dessen wird die Flüssigkeit im Verdichterraum 78 unter Druck in die entlüfteten Kapillaren der Pulveragglomerate gepresst. Ferner werden im Verdichterraum 78 über den kegelstumpfförmigen Rotorabschnitt 60 Scherkräfte in die Suspension eingetragen, wodurch die Homogenität der Suspension erhöht wird. Durch die axiale Verschiebung des Rotors 54
10 können der Querschnitt des Verdichtungsraums 78 und somit die in die Suspension im Verdichterraum 78 einbrachten Scherkräfte in Abhängigkeit der Viskosität der zu verarbeitenden Suspension variiert werden.

15 Wie der Fig. 1 zu entnehmen ist, strömt die Suspension aus dem Verdichterraum 78 in eine erste Auslassleitung 84. Um auch bei geringen Rohleitungswiderständen und niedrig viskosen Suspensionen den für die vollständige Benetzung der Pulverpartikel 13 erforderlichen Druck im Verdichterraum 78 zu erzeugen, ist in der ersten Auslassleitung 84 ein Druckregler 86 vorhanden. Aus der ersten Auslassleitung 84 kann die Suspension in eine zweite Auslassleitung 88 entleert werden, in der ein weiterer
20 Druckregler 90 zur Aufrechterhaltung eines konstanten Drucks vorhanden ist. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit die Suspension in den Behälter 34 zu leiten und von dort im Kreislauf in den Beschleunigungsraum 42 zurückzuführen.

25 In Fig. 3 ist ein Ausschnitt einer alternativen Ausführungsform der Mischvorrichtung 10 dargestellt, bei der Rotor 54 einen vierten Rotorabschnitt 92 aufweist. Der vierte Rotorabschnitt 92 besteht aus einem sich parallel zur Rotorachse A erstreckenden ersten Teilabschnitt 94 sowie einem sich in einem Winkel von ca. 60° zur Rotorachse A erstreckenden zweiten Teilabschnitt 96. In Abhängigkeit von der Stellung der axial verschiebbaren Trennwand 46 bildet der erste Teilabschnitt 94 eine den Mischraum
30 76 vollständig und den Beschleunigungsraum 42 zumindest teilweise begrenzende, drehbare äußere Wandung, mittels derer die Drehgeschwindigkeit der Flüssigkeit 32 im Beschleunigungsraum 42 und/oder der Suspension im Mischraum 76 aufrechterhalten werden kann. Um einen ungehinderten Durchtritt der Suspension aus dem Mischraum 76 in den Verdichterraum 78 zu ermöglichen, ist der zweite Teilabschnitt
35 96 mit einer Suspensionsdurchtrittsöffnung 98 versehen.

Bei dem in Fig. 4 gezeigten weiteren Ausführungsbeispiel der Mischvorrichtung 10 sind die Trennwand 46 sowie eine parallel zur Gehäusewandung 44 angeordnete Wandung 100 mit einem sich senkrecht zur Rotorachse A erstreckenden fünften Rotorabschnitt 102 verbunden. Die Wandung 100 erstreckt sich entlang des Beschleunigungsraums 42 und sowie entlang eines wesentlichen Abschnitts des Mischraums 76. Im Gegensatz zu den in den Fig. 1 bis 3 gezeigten Ausführungsbeispielen ist bei der in Fig. 4 dargestellten Mischvorrichtung 10 eine axiale Verschiebung der Trennwand 46 nicht möglich. Für den ungehinderten Durchtritt der Feststoffpartikel 13 ist der fünfte Rotorabschnitt 102 mit einer Feststoffdurchtrittsöffnung 104 versehen, während die Wandung 100 eine Flüssigkeitseinlassöffnung 106 für den ungehinderten Einlass der Flüssigkeit 32 in den Beschleunigungsraum 42 aufweist. Durch die drehbare Anordnung der Wandung 100 und der Trennwand 46 kann die Flüssigkeit 32 im Beschleunigungsraum 42 besonders effektiv beschleunigt und die Drehgeschwindigkeit der Suspension im Mischraum 76 aufrechterhalten werden, so dass die Mischvorrichtung 10 insbesondere für die Verarbeitung hochviskoser oder strukturviskoser Flüssigkeiten und Suspensionen geeignet ist.

Das in Fig. 5 gezeigte Ausführungsbeispiel der Mischvorrichtung 10 weist einen drehbaren Abschnitt 108 der Gehäusewandung 44 auf, der sich jeweils über Teilbereiche des Beschleunigungsraums 42 sowie des Mischraums 46 erstreckt. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel ist eine axiale Verschiebung der Trennwand 46 nicht möglich. Der Antrieb des drehbaren Abschnitt 108 der Gehäusewandung 44 kann mit dem Rotorantrieb 70 gekoppelt sein. Es ist jedoch auch möglich einen von dem Rotorantrieb 70 getrennten Antrieb für den drehbaren Abschnitt 108 der Gehäusewandung 44 vorzusehen.

Das in Fig. 6 gezeigte Ausführungsbeispiel der Mischvorrichtung 10 weist einen Feststoff-Zufuhrraum 16 und einen Füllschacht 110 mit einer trichterförmigen Einlassöffnung auf. Der Füllschacht 110 sitzt in einem Deckel 112 eines Gehäuses 114 der Mischvorrichtung 10 und ist mit diesem verschraubt. In einem Boden 116 des Gehäuses 114 ist ein radial angeordneter Materialauslass 118 vorgesehen, über den das im Verdichterraum 78 erzeugte Mischgut ausfließt.

Der Rotor 54 der Mischvorrichtung 10 unterscheidet sich von den in Fig. 1 bis 5 gezeigten Rotoren darin, dass er keinen mit einem Vorbehandlungskopf versehenen ersten Rotorabschnitt und keinen mit Zerstäubungsmessern ausgestatteten zweiten Rotorabschnitt umfasst. Statt dessen ist der Rotor 54 kegelstumpfförmig ausgebildet,

so dass der ringspaltförmige Verdichterraum 78 von einer Innenwand 120 des Deckels 112 und einer kegelstumpfförmigen Oberfläche eines mittleren Teilbereichs 122 des Rotors 54 begrenzt ist. Die Innenwand 120 des Deckels 112 und die kegelstumpfförmige Oberfläche des Rotors 54 verlaufen in dem Teilbereich 122 unter einem Winkel von 5° , so dass sich der den Verdichterraum 78 bildende Ringspalt vom Eintrittsbereich 82 des Verdichterraums in Richtung des Materialauslasses 118 verjüngt. Dabei bleibt der Abstand der Fördereinrichtungen 66, die im Bereich des Verdichterraums 78 als Stege ausgeführt sind, gegenüber der Innenwand 120 des Deckels 112 konstant. In einem Auslassbereich 128 weist der Rotor 54 den größten Durchmesser auf. Die im Auslassbereich 128 des Rotors 54 angeordneten Abschnitte der Fördereinrichtungen 66 erzeugen somit eine im Verhältnis zum Mischraum 76 höhere Zentrifugalströmung und unterstützen eine rückstandsfreie Austragung.

Mit seinem oberen Teilbereich 124 ragt der Rotor 54 in den Feststoff-Zufuhrraum 16 bis in das untere Ende des Füllschachts 110. Hier erstrecken sich die Förderstege 66 bis dicht an eine Wandung 136 des Füllschachts 110. Wenn der über eine Welle 126 mit einem Antrieb verbundene Rotor 54 rotiert, verhindern die in Richtung der Rotorachse A zum Materialauslass 118 fördernden Förderstege 66 das Eindringen von Flüssigkeit in den Innenraum des Füllschachts 110. Zur Verbesserung der Einzugswirkung sind die Förderstege 66 an dem dem Feststoff-Zufuhrraum 16 zugewandten Ende des Rotors 54 um etwa 45° in Drehrichtung geneigt.

Ähnlich wie bei den in den Fig. 1 bis 5 gezeigten Ausführungsformen erfolgt die Flüssigkeitszufuhr durch Einlassdüsen 40, die in einem Aufsatz 134 des Deckels 112 angebracht sind. Die Einlassdüsen 40 liegen einem dem Verdichterraum 78 zugewandten Ende der Wandung 136 des Füllschachts 110 gegenüber. Durch die tangentiale und in Strömungsrichtung geneigte Anordnung der Einlassdüsen 40 strömt die Flüssigkeit entlang der Wandung 136 des Füllschachts 110 entlang einer Spirallinie in Richtung des Mischraums 76. Die Flüssigkeitszufuhr kann über eine oder mehrere um den Aufsatz 134 verteilte Einlassdüsen 40 erfolgen, wobei, falls erforderlich, auch verschiedene flüssige Zusätze eingebracht werden können.

Zur Reduzierung der erzeugten Prozesswärme, die sich auf das Mischgut übertragen würde, sind im Deckel 112 und im Boden 116 Kühlkammern 130, 132 angeordnet. Das durch diese Kammern 130, 132 strömende Kühlmittel sorgt während des unter erheblichem Druck stattfindenden Dispergiervorgangs im Verdichterraum 78 und dem Auslassbereich 128 für eine Abkühlung des Mischguts.

- 16 -

Die in den Fig. 7 und 8 gezeigte Darstellung des in der Mischvorrichtung gemäß der Fig. 6 eingesetzten Rotors 54 verdeutlicht die Anordnung der stegförmigen Förder-
ereinrichtungen 66. Bei der hier gezeigten Ausführungsform des Rotors 54 sind im
5 Abstand von 45° acht Förderstege 66 über die Oberfläche des Rotors 54 verteilt. Die
Neigung der Förderstege 66 gegenüber der Rotorachse A ist in einzelnen Wirkungsbereichen des Rotors 54 unterschiedlich. Im Bereich des Rotors 54 mit dem kleinsten
Querschnitt sind die Förderstege 66 um 45° in Drehrichtung geneigt und besitzen
ihre größte Höhe. Im Mischraum 76, in dem die Flüssigkeit mit dem Trockengut
10 vermischt wird, erstrecken sich die Förderstege 66 entlang der Rotorachse A. Im
Verdichterraum 78 selbst sind die Förderstege 66 um 30° zur Rotorachse geneigt. Im
Auslassbereich 128 des Rotors 54 verlaufen die Förderstege 66 achsparallel zur
Rotorachse A entlang des gesamten äußeren halbkreisförmigen Querschnitts des
15 Rotors 54.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zum Vermischen eines pulverförmigen oder körnigen Feststoffs (13) mit einer Flüssigkeit (32), mit:
- 5 - mindestens einer Feststoff-Zufuhreinrichtung (14),
 - mindestens einer Flüssigkeits-Zufuhreinrichtung (37, 38, 40),
 - einem Beschleunigungsraum (42), in dem die zugeführte Flüssigkeit (32) in eine Drehbewegung versetzt und auf eine vorbestimmte Geschwindigkeit beschleunigt wird,
 - 10 - einem Feststoff-Zufuhrraum (16), in dem die zugeführten Feststoffteilchen (13) in eine Drehbewegung versetzt werden,
 - einem Mischraum (76) zum Vermischen der Feststoffteilchen (13) mit der Flüssigkeit (32) zu einer Suspension unter Aufrechterhaltung der zuvor erzeugten Drehbewegung und
 - 15 - einem Verdichterraum (78), in dem die sich drehende Suspension derart beschleunigt wird, dass in einem Eintrittsbereich (82) des Verdichterraums (78) eine Saugwirkung entsteht, die die zugeführte Feststoffschüttung (13) zumindest im wesentlichen entlüftet.
- 20 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Feststoff-Zufuhreinrichtung (14) eine Impulsförderungseinrichtung zum Zuführen des Feststoffs (13) und Abdichten des Feststoff-Zufuhrraums (16) von der Umgebungsatmosphäre umfasst.
- 25 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeits-Zufuhreinrichtung (37, 38, 40) mindestens eine Einlassdüse (40), die tangential zur Strömungsrichtung der Flüssigkeit (32) im Beschleunigungsraum (42) angeordnet und in Strömungsrichtung geneigt ist, sowie eine Vorrichtung (38) zum unter Druck setzen der zuzuführenden Flüssigkeit
- 30 (32) umfasst.
4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Beschleunigungsraum (42) einen im wesentlichen kreisringförmigen Querschnitt aufweist und durch eine Trennwand (46) von dem
- 35 Feststoff-Zufuhrraum (16) getrennt ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass an einer dem Beschleunigungsraum (42) zugewandten
Fläche (48) der Trennwand (46) und/oder einer dem Beschleunigungsraum (42)
5 zugewandten Fläche (50) einer den Beschleunigungsraum (42) zumindest teilweise
begrenzenden äußeren Wandung (44; 92; 100) spiralförmig verlaufende und in
Strömungsrichtung geneigte Strömungskanäle (52) ausgebildet sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5,
10 dadurch gekennzeichnet, dass die Trennwand (46) und/oder die den Beschleuni-
gungsraum (42) zumindest teilweise begrenzende äußere Wandung (92; 100; 108)
und/oder eine den Mischraum (76) zumindest teilweise begrenzende äußere Wan-
dung (92; 100; 108) drehbar sind.
- 15 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass die Trennwand (46) axial verschiebbar ist.
8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Rotor (54) mit einem ersten, einem zweiten und
20 einem dritten Rotorabschnitt (56, 58, 60) vorhanden ist, wobei der erste Rotorab-
schnitt (56) ein der Feststoff-Zufuhreinrichtung (14) zugewandter, im Feststoff-
Zufuhrraum (16) angeordneter und mit einem Vorbehandlungskopf (62) versehener
Abschnitt des Rotors (54) ist.
- 25 9. Vorrichtung nach den Ansprüchen 6 und 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die drehbare Trennwand (46) und/oder die den
Beschleunigungsraum (42) zumindest teilweise begrenzende äußere Wandung (92;
100) und/oder die den Mischraum zumindest teilweise begrenzende äußere Wandung
(92; 100) mit dem Rotor (54) verbunden ist/sind.
- 30 10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, dass sich der zweite Rotorabschnitt (58) zumindest teilwei-
se in den Feststoff-Zufuhrraum (16) erstreckt und mit Zerstäubungsmessern (64)
versehen ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass der Verdichterraum (78) einen ringspaltförmigen
Querschnitt aufweist und von einem kegelstumpfförmig ausgebildeten Abschnitt (80)
5 einer äußeren Wandung (44) und dem zumindest im Bereich des Verdichterraums
(78) kegelstumpfförmig ausgebildeten dritten Rotorabschnitt (60) begrenzt wird.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass sie eine erste Erfassungseinrichtung zur Erfassung der
10 Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit (32) im Beschleunigungsraum (42)
und/oder eine zweite Erfassungseinrichtung zur Erfassung der Strömungsgeschwin-
digkeit der Suspension im Verdichterraum (78) und eine erste Regeleinrichtung zum
Regeln der Drehgeschwindigkeit des Rotors (54) in Abhängigkeit der erfassten
Strömungsgeschwindigkeit(en) umfasst.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass die erste Regeleinrichtung die Drehgeschwindigkeit
des Rotors (54) so regelt, dass sie der Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit (32)
im Beschleunigungsraum (42) entspricht.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass an dem dritten Rotorabschnitt (60) stegförmige, mit
Bohrungen (68) versehene Fördereinrichtungen (66) angeordnet sind.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (54) axial verschiebbar ist.

16. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass sie eine dritte Erfassungseinrichtung (28) zur Erfas-
30 sung des im Feststoff-Zufuhrraum (16) vorherrschenden Drucks und eine zweite
Regeleinrichtung (30) zum Regeln der Dosiergeschwindigkeit(en) der Feststoff-
Zufuhr-einrichtung (14) und/oder der Flüssigkeits-Zuführeinrichtung (37, 38, 40)
umfasst.

17. Verfahren zum Vermischen eines pulverförmigen oder körnigen Feststoffs (13)
mit einer Flüssigkeit (32) mit den Schritten:
- Zuführen des Feststoffs (13),

- 20 -

- Zuführen der Flüssigkeit (32),
 - Erzeugen einer Drehbewegung der zugeführten Flüssigkeit (32) und Beschleunigen der Flüssigkeit (32) auf eine vorbestimmte Geschwindigkeit in einem Beschleunigungsraum (42),
 - 5 - Erzeugen einer Drehbewegung der zugeführten Feststoffteilchen (13) in einem Feststoff-Zufuhrraum (16),
 - Vermischen der Feststoffteilchen (13) mit der Flüssigkeit (32) zu einer Suspension unter Aufrechterhaltung der zuvor erzeugten Drehbewegung in einem Mischraum (76) und
 - 10 - Beschleunigen der sich drehenden Suspension in einem Verdichterraum (78) derart, dass in einem Eintrittsbereich (82) des Verdichterraum (78) eine Saugwirkung entsteht, die die zugeführte Feststoffschüttung (13) zumindest im wesentlichen entlüftet.
- 15 18. Verfahren nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet, dass im Mischraum (76) die Flüssigkeitsoberflächenströmung im wesentlichen gleich der spezifischen Teilchenoberfläche der in den Mischraum (76) eingebrachten Feststoffteilchen (13) ist.
- 20 19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18,
dadurch gekennzeichnet, dass im Mischraum (76) eine vertikale Fließgeschwindigkeit der Suspension mindestens 1-2 m/s beträgt.

25

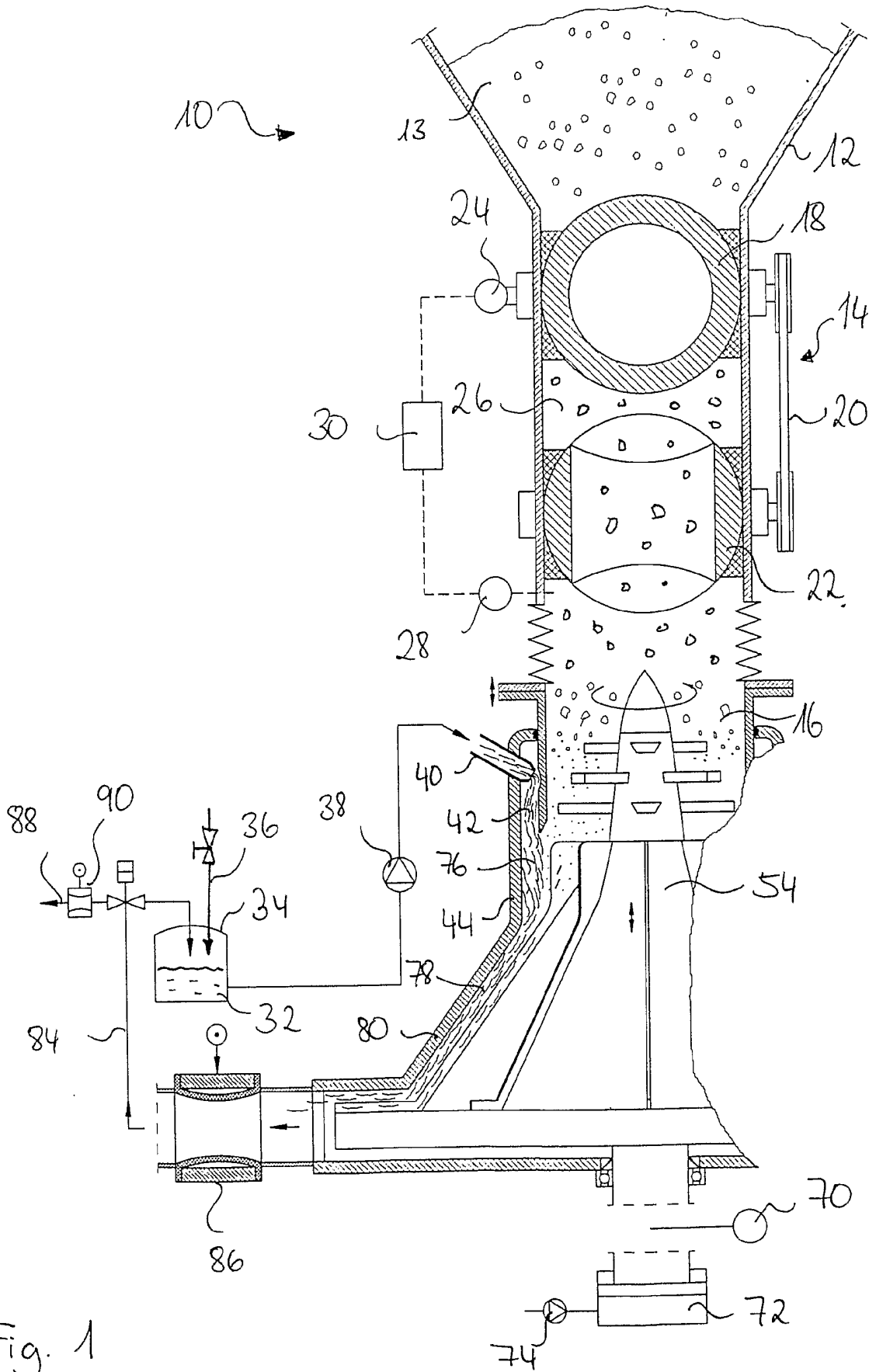


Fig. 1

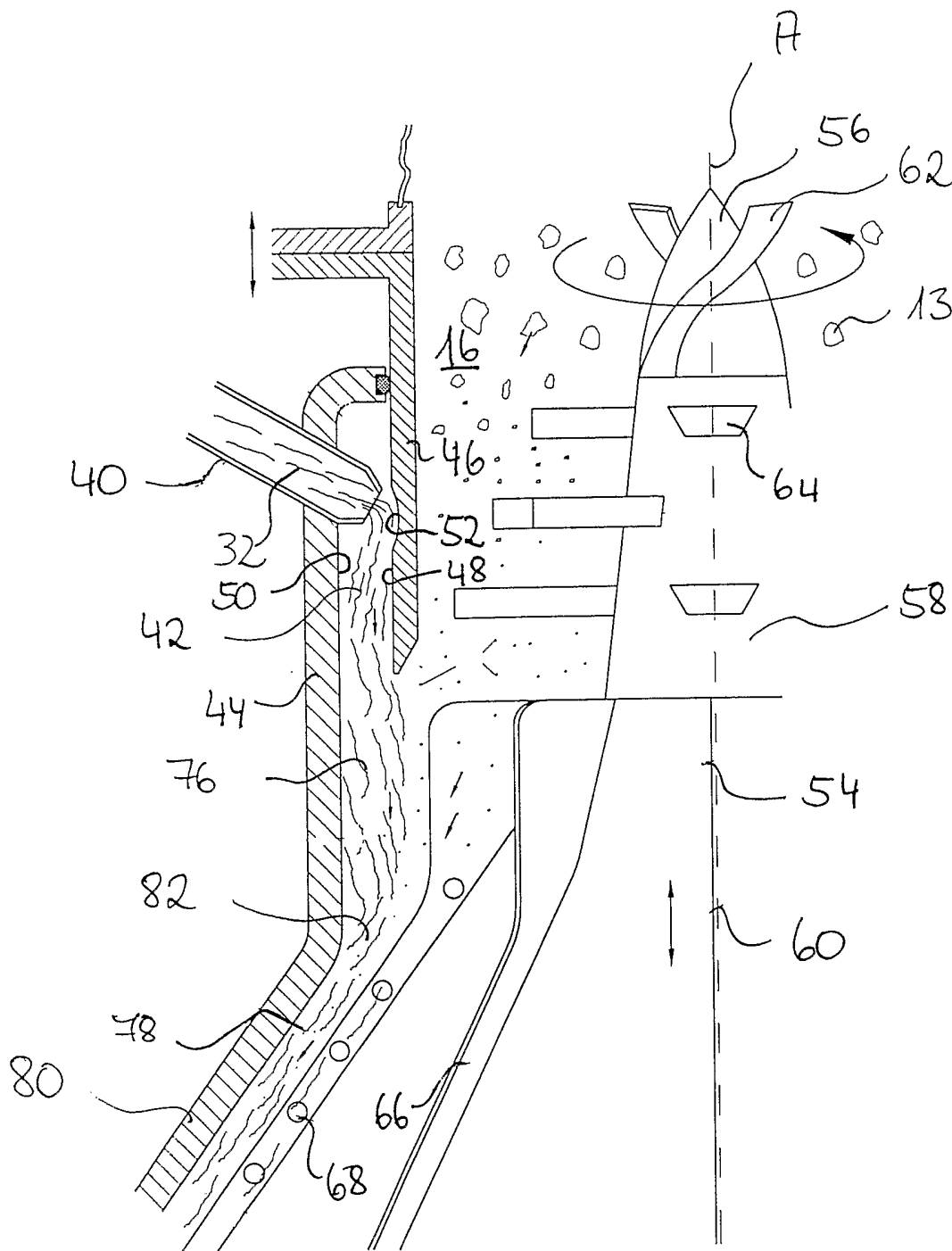


Fig. 2

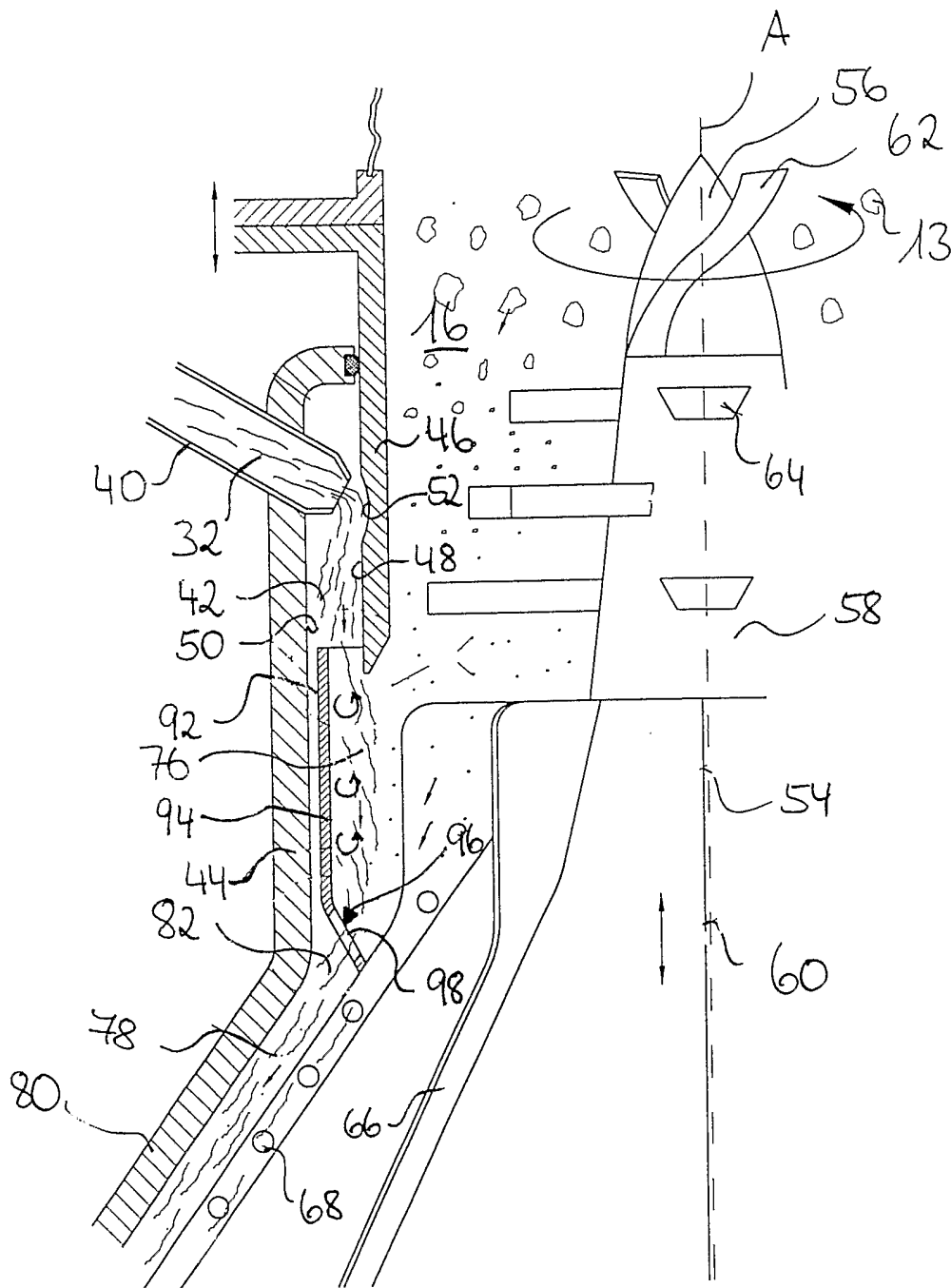


Fig. 3

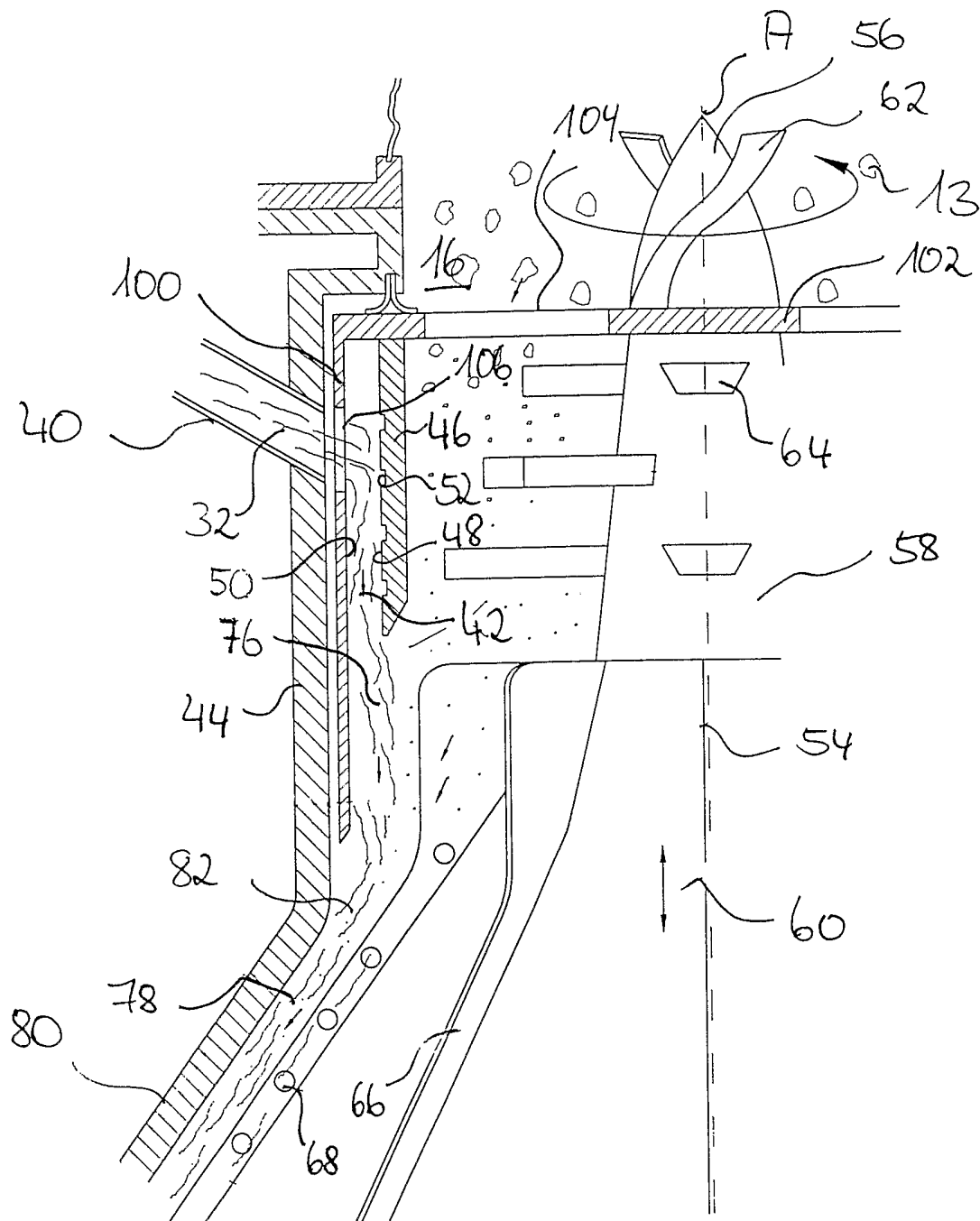


Fig. 4

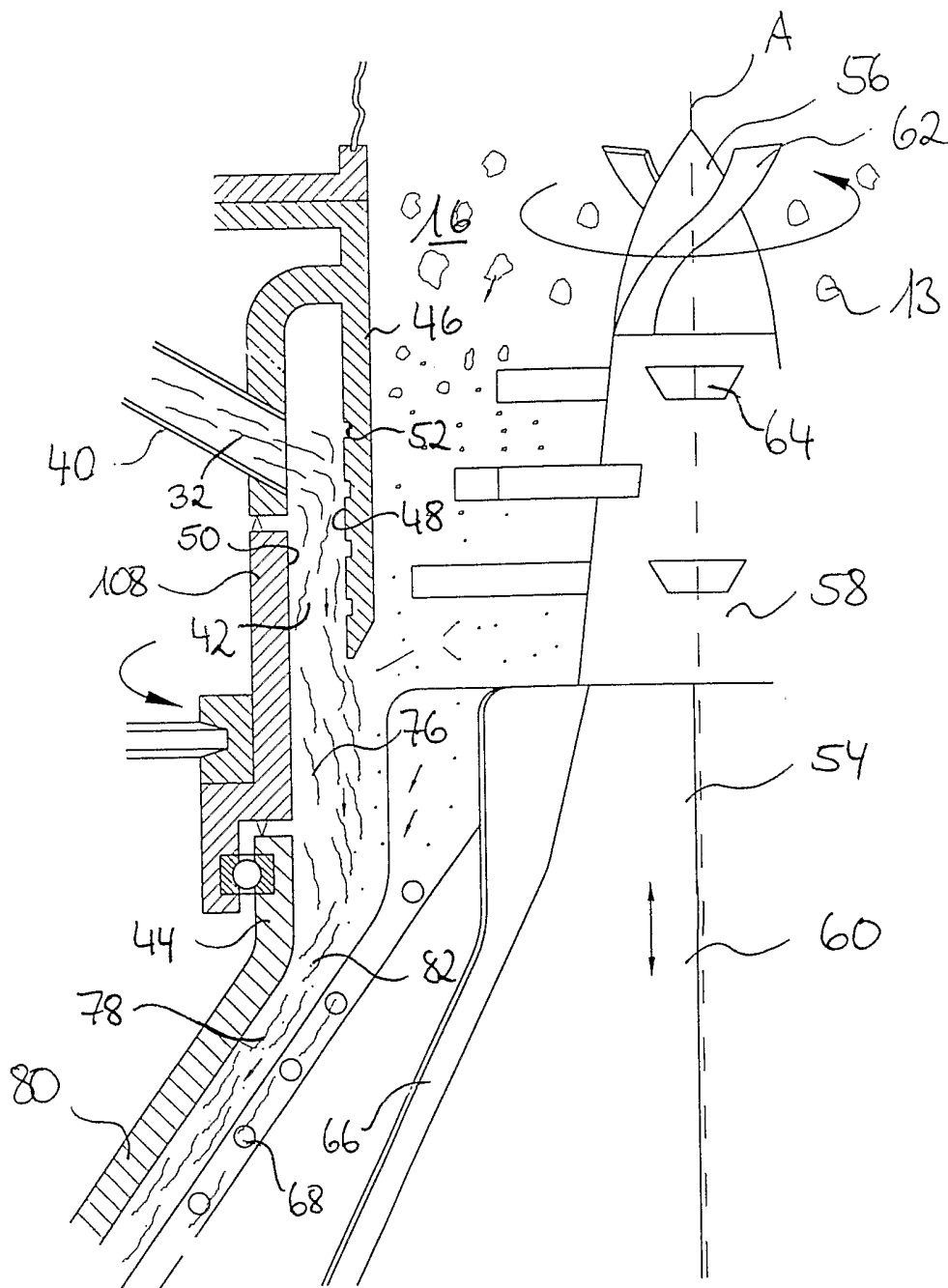


Fig. 5

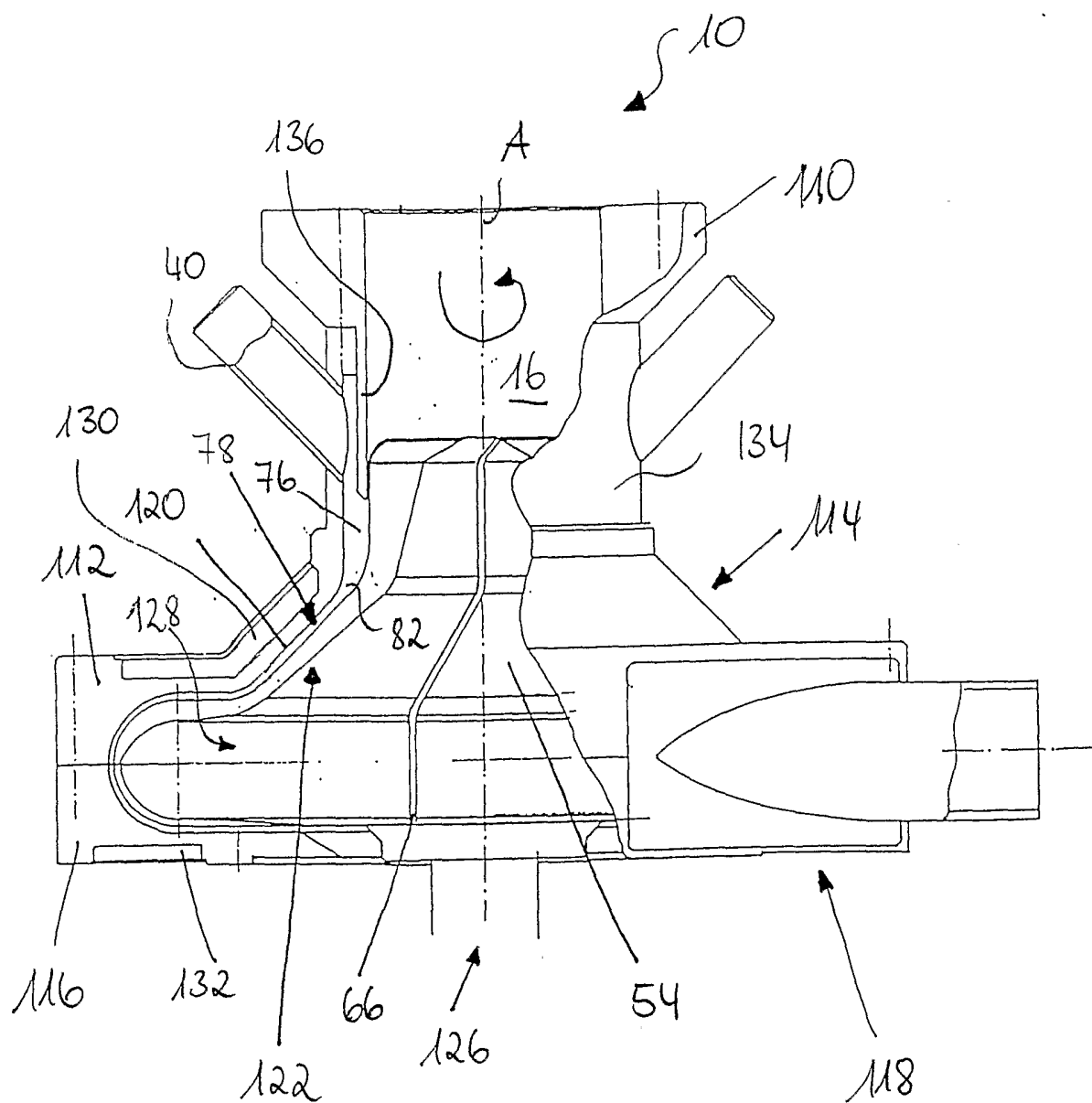


Fig. 6

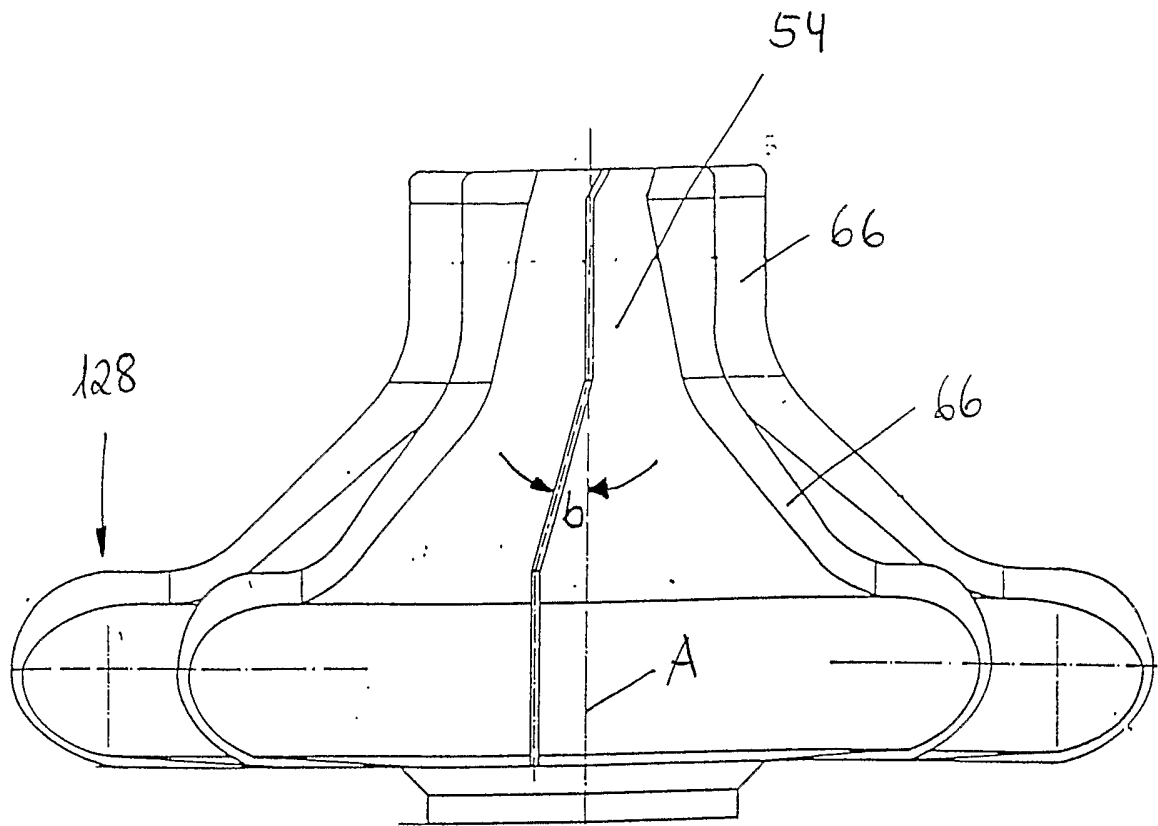


Fig. 7

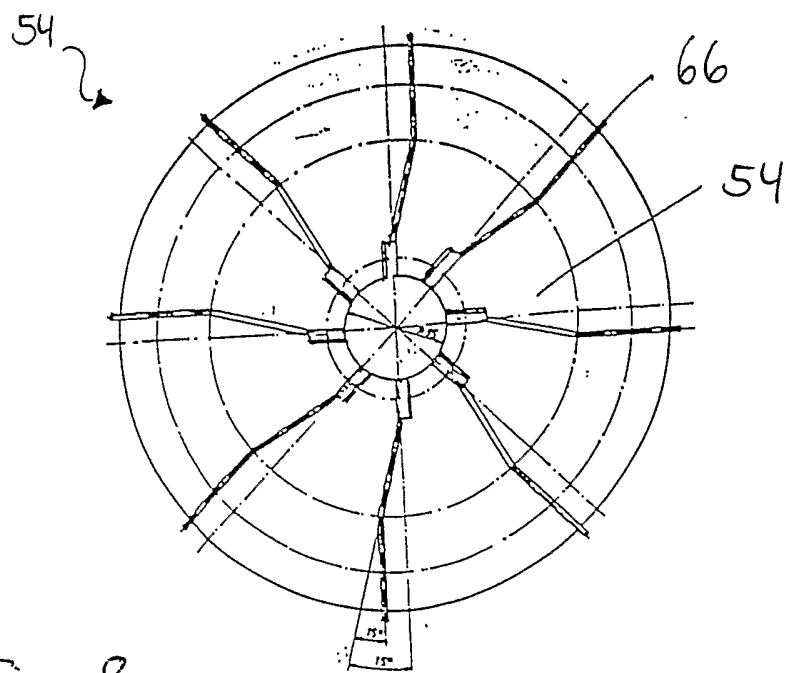


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 02/09265

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B01F13/10 B01F5/00 B01F5/04 B01F3/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 106 117 A (CLOOTS HENRY R) 8 August 1978 (1978-08-08) column 2, line 35 -column 5, line 30; figures 1,6,7 ---	1-3,5,8, 9,17
A	DE 196 29 945 A (JANKE & KUNKEL KG) 29 January 1998 (1998-01-29) cited in the application the whole document ---	1
A	DE 12 72 894 B (PIERRE ALEXANDRE FOUCAULT) 18 July 1968 (1968-07-18) cited in the application the whole document ---	1
A	EP 0 688 598 A (DOW CORNING TORAY SILICONE) 27 December 1995 (1995-12-27) page 3, line 28 -page 4, line 11; figure 1 ---	1,3,5
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 December 2002

Date of mailing of the international search report

27/12/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Philpott, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 02/09265

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 995 838 A (ZUCKER FRIEDRICH J) 7 December 1976 (1976-12-07) claim 1; figure 1 -----	1-3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/09265

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4106117	A	08-08-1978	AU 500866 B2	07-06-1979
			AU 2495077 A	09-11-1978
			BE 854348 A1	01-09-1977
			CA 1057280 A1	26-06-1979
			DE 2720415 A1	24-11-1977
			GB 1540171 A	07-02-1979
			JP 1125203 C	30-11-1982
			JP 52142363 A	28-11-1977
			JP 57014209 B	23-03-1982
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>				
DE 19629945	A	29-01-1998	DE 19629945 A1	29-01-1998
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>				
DE 1272894	B	18-07-1968	NONE	
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>				
EP 0688598	A	27-12-1995	JP 8000975 A	09-01-1996
			BR 9502878 A	30-01-1996
			CA 2152244 A1	22-12-1995
			DE 69501365 D1	12-02-1998
			DE 69501365 T2	16-07-1998
			EP 0688598 A1	27-12-1995
			US 5599102 A	04-02-1997
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>				
US 3995838	A	07-12-1976	DE 2403053 A1	31-07-1975
			BR 7500419 A	04-11-1975
			GB 1493462 A	30-11-1977
			NL 7500251 A	25-07-1975
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>				

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/09265

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 B01F13/10 B01F5/00 B01F5/04 B01F3/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 B01F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 106 117 A (CLOOTS HENRY R) 8. August 1978 (1978-08-08) Spalte 2, Zeile 35 -Spalte 5, Zeile 30; Abbildungen 1,6,7 ---	1-3,5,8, 9,17
A	DE 196 29 945 A (JANKE & KUNKEL KG) 29. Januar 1998 (1998-01-29) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ---	1
A	DE 12 72 894 B (PIERRE ALEXANDRE FOUCAULT) 18. Juli 1968 (1968-07-18) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ---	1
	-/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. Dezember 2002

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

27/12/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Philpott, G

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/09265

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 688 598 A (DOW CORNING TORAY SILICONE) 27. Dezember 1995 (1995-12-27) Seite 3, Zeile 28 -Seite 4, Zeile 11; Abbildung 1	1,3,5
A	US 3 995 838 A (ZUCKER FRIEDRICH J) 7. Dezember 1976 (1976-12-07) Anspruch 1; Abbildung 1	1-3

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/09265

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4106117	A	08-08-1978	AU 500866 B2	07-06-1979
			AU 2495077 A	09-11-1978
			BE 854348 A1	01-09-1977
			CA 1057280 A1	26-06-1979
			DE 2720415 A1	24-11-1977
			GB 1540171 A	07-02-1979
			JP 1125203 C	30-11-1982
			JP 52142363 A	28-11-1977
			JP 57014209 B	23-03-1982
DE 19629945	A	29-01-1998	DE 19629945 A1	29-01-1998
DE 1272894	B	18-07-1968	KEINE	
EP 0688598	A	27-12-1995	JP 8000975 A	09-01-1996
			BR 9502878 A	30-01-1996
			CA 2152244 A1	22-12-1995
			DE 69501365 D1	12-02-1998
			DE 69501365 T2	16-07-1998
			EP 0688598 A1	27-12-1995
			US 5599102 A	04-02-1997
US 3995838	A	07-12-1976	DE 2403053 A1	31-07-1975
			BR 7500419 A	04-11-1975
			GB 1493462 A	30-11-1977
			NL 7500251 A	25-07-1975