



(10) **DE 10 2013 002 973 A1** 2014.08.28

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 002 973.2**

(22) Anmeldetag: **22.02.2013**

(43) Offenlegungstag: **28.08.2014**

(51) Int Cl.: **B01F 3/12 (2006.01)**  
**C04B 20/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**MAT Mischanlagentechnik GmbH, 87509,  
Immenstadt, DE; Universität Stuttgart, 70174,  
Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:

**Garrecht, Harald, Prof. Dr.-Ing., 76297, Stutensee,  
DE; Baumert, Christian, Dr. Ing., 73760, Ostfildern,  
DE; Kleimeier, Manfred, 87527, Sonthofen, DE**

(74) Vertreter:

**Vossius & Partner Patentanwälte Rechtsanwälte,  
81675, München, DE**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

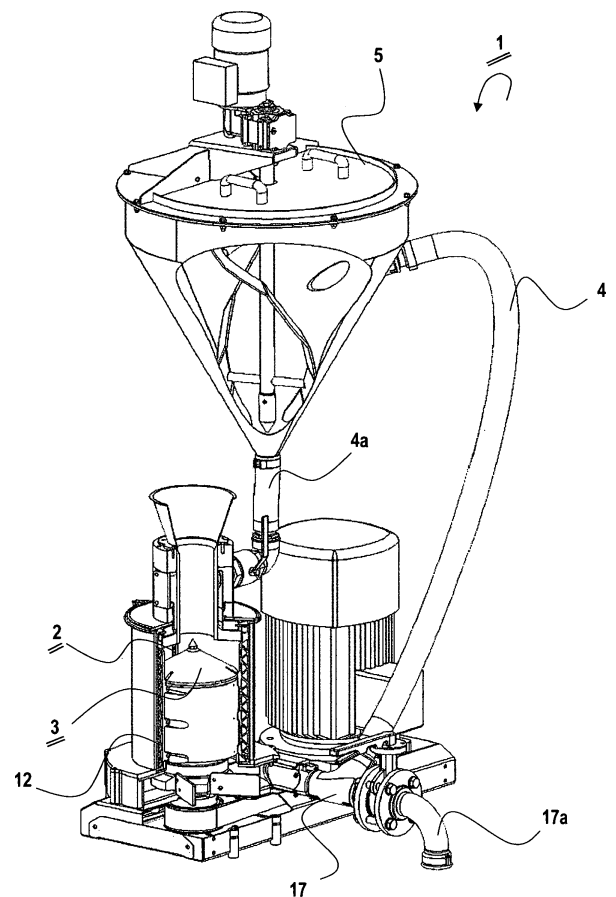
<b>DE</b>	<b>33 06 071</b>	<b>A1</b>
<b>DD</b>	<b>80 426</b>	<b>A1</b>

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Dispersionsverfahren und - vorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Dispersionsverfahren, bei welchem Feststoffe eine Einmischzone und eine Zone intensiver Durchmischung einer Dispergier- vorrichtung durchlaufen. Hierbei ist vorgesehen, dass in der Zone intensiver Vermengung intensiv vermengte Dispersion entnommen und zur Einmischung weiterer Feststoffe rück- geführt wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft das oberbegrifflich Beanspruchte und bezieht sich somit auf die Herstellung von Dispersionen.

**[0002]** Als Dispersionen werden in der Chemie und Verfahrenstechnik heterogene Gemische aus mindestens zwei Stoffen bezeichnet, die sich nicht oder kaum ineinander lösen oder chemisch miteinander verbinden. Ein wichtiger Anwendungsfall sind Dispersionen von Feststoffen in einer flüssigen Phase. Oftmals haben derartige Dispersionen eine pastöse Konsistenz, insbesondere dann, wenn der Feststoffanteil hoch und der Flüssiganteil niedrig ist. Es gibt eine Reihe solcher Dispersionen, die in der Technik erhebliche Bedeutung aufweisen.

**[0003]** Von erheblicher Bedeutung sind Dispersionen unter anderem bei der Fertigung von Beton, insbesondere für Hochleistungsbetone. Daher wird die vorliegende Erfindung nachfolgend überwiegend mit Bezug auf die Herstellung von Beton, insbesondere Hochleistungsbeton bzw. ultrahochfesten Beton beschrieben, ohne dass darin jedoch eine zwingende Beschränkung nur auf diesen Anwendungsfall zu sehen ist. Es wird für den Fachmann vielmehr einsichtig sein, dass die vorliegend offenbarte Erfindung auch für andere Gebiete der Dispersionsherstellung außer der Hochleistungsbetonfertigung anwendbar ist; so sind auch hoch flugaschehaltige Betone herstellbar und es ist ohne weiteres möglich, für selbstverdichtende Betone in einer ersten Stufe eine Suspension herzustellen, der später gröbere Gesteinskörnungen beziehungsweise Fasern zugegeben werden können.

**[0004]** Beton ist ein wichtiger Baustoff, der klassisch mit Betonrezepturen gefertigt wird, nach denen Zement, Wasser und Gesteinskörnungen vermengt werden. Je nach Fertigung variieren dabei die Eigenschaften des Betons; besonderes Augenmerk richtet sich in jüngster Zeit auf Betone mit besonderen Leistungseigenschaften, vergleiche etwa den Aufsatz "Zementgebundene Hightech-Werkstoffe für die Industrie" von T. Teichmann in: BWI BetonWerk International 6/2011, Seiten 78–82.

**[0005]** Um einen Beton zu erhalten, der besondere Eigenschaften, etwa eine besonders hohe Festigkeit von um oder über 250 N/mm<sup>2</sup> aufweist, ist es in der Regel erforderlich, die Art und Menge der Zusatzstoffe anforderungsgemäß festzulegen, die Menge des eingesetzten Anmach-Wassers, bezogen auf die Menge an Zement, das heißt den sogenannten Wasser-Zement-Wert beziehungsweise den Wasser-Bindemittel-Wert, zu reduzieren und eine geeignete Vermengung vorzusehen, das heißt die Dispersion aus den genannten Substanzen auf geeignete Weise zu bilden. So ist es aus dem Artikel "The influence

of mixing on the microstructure of the cement paste/ag-gregate interfacial zone and on the strength of mortar" von A. W. Pope et al., J. Materials Science 27, 1992, 6452–6462, bekannt, dass die Art der Mischung die Festigkeit eines Mörtels beeinflusst. Die DE 10 2008 031 852 A1 diskutiert die Optimierung der Festigkeit und Dichtigkeit der Zementsteinmatrix eines Betons.

**[0006]** Die zu verwendenden Feststoffe haben nun die Neigung zur Agglomeration beziehungsweise Aggregatsbildung, das heißt sie "klumpen". Um die gewünschten Beton-Eigenschaften zu erzielen, ist es aber erforderlich, die Feststoffpartikel zu vereinzeln und sie sehr homogen zu verteilen, das heißt – abgesehen von etwaigen grobkörnigen Bestandteilen – eine weitgehend homogene Verteilung zu erzielen. Dies ist auf unterschiedliche Arten möglich, erfordert aber im Regelfall einen erheblichen Energieaufwand, was nicht nur aus ökologischen, sondern auch aus ökonomischen Gründen unerwünscht ist.

**[0007]** Aufgemahlener Zementklinker neigt abhängig von seiner Mahlfeinheit, den zwischen der Klinkermahlung und der Zementverordnung gegebenen Lagerbedingungen (Feuchte, Temperatur, Lagerungsart sowie -druck etc.) infolge der Wechselwirkungskräfte (van der Waals) zu einer mehr oder weniger ausgeprägten Agglomeration der im Mahlprozess vereinzelt vorliegenden Zementpartikel. Festgestellt wurde, dass – stets vorhandene – Zementagglomerate bei der Dispersionsherstellung zerstört werden müssen, um so trotz agglomeriertem Ausgangsmaterials die gesamte Zementmenge nutzbar zu machen. Der Aufsatz "Influences of Mixing Methods on the Microstructure and Rheological Behavior of Cement Paste" von M. Yang et al. in Adv. Cem. Bas. Mat. 1995, 2: 70–78, untersucht dazu den Einfluss des Mischverfahrens auf die Eigenschaften einer resultierenden Zement-Paste. Es wird ausgeführt, dass ein Intensivmischer dazu beitragen wird, zusammenhaftendes Pulver zu zerteilen. Das Einbringen der erforderlichen Scherkräfte und der Energieaufwand dafür werden jedoch, abhängig von den eingesetzten Verfahren, variieren.

**[0008]** Es wurde auch vorgeschlagen, zunächst feinere Feststoffe zu dispergieren und dann grobgranulare Bestandteile wie Kies usw. zuzusetzen. So ist aus der DE 10 2007 027 080 B4 ein Verfahren zur Herstellung einer Betonmischung durch Dosieren und stufenweises Mischen der Betonkomponenten bekannt, bei welchem in einer Vormischstufe Wasser und feinkörnige Betonkomponenten und in einer Endmischstufe die in der Vormischstufe hergestellte Vormischung mit den weiteren Komponenten vermischt werden. Dies hat den Vorteil, dass bei der Dispersionsbildung für die Bewegung der grobgranularen Bestandteile keine Energie aufgewendet werden muss. Der Aufsatz "Technique of multi-step concrete

te mixing" von K. R. Saeed in: Materials and Structures 1995, 28, 230–234, gibt einen Überblick über verschiedene Techniken, Beton in mehreren Schritten zu mixen.

**[0009]** Auch wurde vorgeschlagen, zur Dispersionsbildung eine Beaufschlagung mit Ultraschallenergie vorzusehen. Der Vorschlag, bei der Mischung von Flugasche mit einem Fluid eine Ultraschallbeaufschlagung mit einer solchen Leistung und Frequenz vorzunehmen, dass in dem partikulären Material enthaltene Mehrfachkügelchen aufgebrochen werden, findet sich unter anderem in der EP 0 948 410 B1.

**[0010]** Trotz dieser Maßnahmen ist der Energieeintrag bei der Dispersionsherstellung noch erheblich, insbesondere für Hochleistungsbetone mit sehr geringem Wasser-Zement-Wert beziehungsweise Wasser-Bindemittel-Wert und fein zu verteilenden Feststoffen.

**[0011]** Der Energieeintrag ist jedoch nicht nur wegen der Kosten unerwünscht, sondern wirkt sich auch aufgrund des damit verbundenen, im Regelfall unerwünschten Temperaturanstiegs negativ und begrenzend aus.

**[0012]** Es ist wünschenswert, ein verbessertes Dispergiervorgang anzugeben, insbesondere ein Dispergiervorgang, das eine günstige Herstellung von leistungsfähigem Beton ermöglicht.

**[0013]** Ein Rührgerät für die Herstellung von ultrahochfestem Beton ist aus der DE 20 2009 013 755 U1 bekannt. Dabei ist vorgesehen, dass ein Rührwerk für einen Mischer zum Mischen einer Suspension so ausgebildet ist, dass mit einem äußeren Rührwerk und einem inneren Rührwerk die Suspension vorgemischt wird.

**[0014]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Neues für die gewerbliche Anwendung bereitzustellen.

**[0015]** Die Lösung dieser Aufgabe wird in unabhängiger Form beansprucht.

**[0016]** Bevorzugte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen angegeben.

**[0017]** Gemäß einem ersten Grundgedanken der Erfindung wird somit bei einem Dispersionsverfahren, bei welchem Feinstoffe eine Einmischzone und eine Zone intensiver Durchmischung einer Dispergiervorrichtung durchlaufen, vorgeschlagen, dass in der Zone intensiver Vermengung intensiv vermengte Dispersion entnommen und zur Einmischung weiterer Feststoffe rückgeführt wird.

**[0018]** Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass immer nur wenig Feststoffe neu vermengt werden müssen. Die kleinen Feststoffmengen können daher vergleichsweise einfach in die – gegebenenfalls schon pastöse – rückgeführte Dispersion eingearbeitet werden. Dabei können die geringen Feststoffmengen einerseits leichter zerteilt und verteilt werden, ohne dass einzelne Agglomerate in großen Mengen verbleiben. Andererseits ist auch bei geringer Gesamtfuchte beziehungsweise niedrigem Wassergehalt eine gleichmäßige Be- und Durchfeuchtung erzielbar, ohne dass an einzelne Teilchen große Wassermengen beziehungsweise Fluidmengen gebunden werden, während andere Teilchen oder Aggregate ungenügend befeuchtet und/oder ungenügend durchfeuchtet bleiben. Die allmähliche Einarbeitung führt also zu den gewünscht homogenen Ergebnissen. Zugleich muss in der Anfangsphase der Dispersionsbildung nur wenig Energie aufgewendet werden; damit bleibt die Temperaturerhöhung zunächst vergleichsweise niedrig. Auch im Laufe der weiteren Dispersionsbildung kann mit weniger Energieeintrag gearbeitet werden als bei sofortiger oder allmählicher Zugabe aller Feinstoffe in die Gesamt-Dispersion. Auch damit ist einerseits die Temperaturerhöhung eher gering und andererseits kann die Antriebsleistung geringer gehalten werden, was maschinenseitige Investitionskosten gering hält und/oder bei gegebener Anlagenleistung höhere Produktionsmengen erlaubt. Der Gesamtenergieaufwand für eine gegebene Dispersionsmenge ist zudem geringer als im Stand der Technik.

**[0019]** Es wird einzusehen sein, dass bevorzugt wenigstens eines von Leistung, Antriebs-Drehmoment und/oder Drehzahl der Antriebsmotoren und/oder die Zugabe an Feststoffen und/oder Wasser und/oder Zusatzmittel geregelt wird, wobei bevorzugt sowohl die Leistung beziehungsweise das Drehmoment und/oder die Drehzahl der Antriebsmotoren geregelt sein wird, als auch die Zugabe an Feststoffen und/oder Wasser und/oder Zusatzmittel dosiert erfolgen wird. Bei Zugabe mehrerer unterschiedlicher Feststoffe kann in einer bevorzugten Variante der Erfindung das Verhältnis der verschiedenen Feststoffe zueinander im Laufe der Dispersionsherstellung variieren, um zunächst nur oder überwiegend erste und nachfolgend weitere (per se vergleichsweise bevorzugt ebenfalls feindisperse, also nicht grobgranulare) Feststoffe zuzugeben. Auch hat sich als vorteilhaft erwiesen, dass zu Beginn nur eine Teilmenge des Fließmittels zugegeben wird und erst nachfolgend, insbesondere erst nach Einarbeiten von Zement in Wasser, weiteres Fließmittel zugesetzt wird. Es können dabei z. B. etwa 30–50, bevorzugt 40% des Fließmittels zu Anfang zugesetzt werden, und später, nämlich nachdem ein Großteil, das heißt hier über 80% des Zements, bevorzugt 100% des Zements eingearbeitet wurden, die übrigen 60% beziehungsweise das restliche Fließmittel. Dies hat Vorteile hinsichtlich des Ad-

sorptionsverhaltens der Fließmittelpolymere auf der Zementsteinoberfläche und hinsichtlich der entstehenden Zementphasen.

**[0020]** Es ist vorteilhaft, wenn bei einem erfindungsgemäßen Dispersionsverfahren vorgesehen ist, dass zur Herstellung eines Hochleistungsbetons als Fest- bzw. Feinstoff zumindest eine der folgenden Substanzen zugesetzt wird: Silicastaub (Microsilica), Flugasche, Gesteinsmehl, zum Beispiel Kalksteinmehl, Metakaolin, Feinhüttensand, gebrannter Ölschiefer, Quarzmehl, Verstärkungsfasern, insbesondere Glasfasern, Stahlfasern, Kohlenstofffasern, insbesondere CNTs, Kunststofffasern, insbesondere Fasern aus Polypropylen und/oder Polyvinylalkohol, Zement, Sand, insbesondere mit einer vorgegebenen Feinheit und/oder worin zur Herstellung eines Hochleistungsbetons als Fluid Wasser, bevorzugt zusätzlich zu Entschäumer und/oder Fließmittel, zugesetzt wird. Typisch wird es bevorzugt, dabei Körnungen bis 2 mm zuzugeben, bevorzugt bis 10% des Gewichts der Zuschlagstoffe. Es sei darauf hingewiesen, dass Faserzugabe womöglich erst gegen Ende einer Chargenherstellung oder danach erfolgen sollte, um Einwirken von Scherkräften auf die Fasern und damit Faserzerstörung zu vermeiden. Es sei angemerkt, dass mit diesen – für die Herstellung von Hochleistungsbetonen per se gebräuchlichen – Ausgangsmaterialien ohne weiteres das erfindungsgemäße Verfahren ausgeführt werden kann. Dies zeigt, dass die Erfindung per se nicht beschränkend auf die Materialwahl wirkt, sondern ein breites Feld an zu dispergierenden Substanzen für die Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Verfügung steht.

**[0021]** Mit diesen Zusatzstoffen wird, zum Teil auch aufgrund der Viskositätsreduzierung, die Verarbeitbarkeit verbessert und die Festigkeit des resultierenden Betons signifikant erhöht. Diese Zusatzstoffe können erfindungsgemäß zugesetzt werden, wenn besonders leistungsfähiger Beton, das heißt insbesondere UHPC-Beton oder dergleichen gefertigt werden soll, auch wenn dabei extrem niedrige Wasser-Zement-Werte beziehungsweise Wasser-Bindemittel-Werte angestrebt werden und die resultierenden Produkte eine entsprechend hohe Viskosität besitzen.

**[0022]** Es ist vorteilhaft, wenn bei einem erfindungsgemäßen Dispersionsverfahren vorgesehen ist, dass die Dispersion chargenweise gefertigt wird. In einem solchen Fall kann anfänglich die gesamte Fluidmenge und/oder die gesamte oder weitgehend die gesamte Wassermenge in die Dispersionsvorrichtung eingebracht werden und die Rückführung gegebenenfalls anfänglich von nur der Fluidmenge zum Beispiel durch Einschalten von dem Mischer selbst oder Umwälzpumpen oder dergleichen begonnen werden, bevor eine Zugabe von Feststoffen erfolgt. Die Feststoffe und/oder Fließmittel werden dann bevorzugt

allmählich zugegeben, wobei die momentane Zugabe zu einer bestimmten Phase der Chargenfertigung abhängig von einem oder mehreren Parametern erfolgen kann, etwa der bereits erzielten Viskosität, stoffspezifischen Parametern wie der Zusammensetzung, der relativen Feststoffkonzentration, der Packungsdichte und/oder der Dichte, der erforderlichen Zeit bis zum Anlaufen oder vollständigen Ablaufen bestimmter chemischer Prozesse, der aktuellen Temperatur der Dispersion und/oder der Umgebung, der aktuell zugeführten und/oder der maximal zur Verfügung stehenden Antriebsleistung von in der Dispersionsvorrichtung vorhandenen Antriebsmotoren, insbesondere den Antriebsmotoren für die Mittel zur Feststoff-Einmischung in der Einmischzone und/oder die Antriebsmotoren für die Mittel zur intensiven Vermengung. Die Fließmittelzugabe kann dabei die Hydratation und/oder das Adsorptionsverhalten der Fließmittel auf der Zementoberfläche beeinflussen. Die Zugabe der Feststoffe kann insbesondere volumen- oder gewichtsgesteuert sein und es ist möglich, die Verhältnisse der zuzugebenden Feststoffe untereinander im Laufe der Produktion einer einzelnen Charge zu verändern. Dass eine (Prozess-)Rechnersteuerung möglich und bevorzugt ist, sei erwähnt. Dass alternativ zu einer chargenweisen Herstellung auch eine kontinuierliche Herstellung möglich ist, sei ebenfalls erwähnt. Es wird einsichtig sein, dass auch für eine kontinuierliche Herstellung eine Anlaufphase bis zum Erreichen eines stationären oder quasistationären (Fließ-)Zustandes benötigt wird, in welchem dann gegebenenfalls genau soviel Menge entnommen wie nachgefertigt wird; während einer solchen Anlaufphase gelten die oben genannten Möglichkeiten der chargenphasenabhängigen Wahl bestimmter Parameter vollumfänglich; in einer Phase eines quasistationären Zustandes ist dagegen bevorzugt Sorge zu tragen, dass Material einer solchen Zusammensetzung entnommen wird, wie zugefügt wird. Dass dazu gegebenenfalls auch wieder neues Fluid, wie zum Beispiel Wasser und/oder Fließmittel zugesetzt werden muss, sei erwähnt. Dieses kann als solches zum Beispiel in der Einmischzone zugesetzt werden oder der rückgeführten Dispersion vor Zufuhr weiterer Feststoffe zugeführt werden, etwa in einem Zwangsmischer; alternativ ist es, wenn eine quasikontinuierliche Fertigung gewünscht wird, möglich, das Fluid intervallweise vorab mit einem oder den Feststoffen zu versetzen und dann diese so bereits fluidversetzten Feststoffe mit der rückgeführten Dispersion intensiv zu vermengen. Die intervallweise Zugabe hat dabei den Vorteil, dass vergleichsweise viel Fluid zur Verfügung steht, so dass eine Dispersionsbildung, insbesondere bei Auswahl eines oder mehrerer geeigneter unter den zuzugebenden Feststoffen, erleichtert ist.

**[0023]** Es ist vorteilhaft, wenn bei einem erfindungsgemäßen Dispersionsverfahren vorgesehen ist, dass die Zone höchster Scherwirkung in der Einmischzone

liegt. Die in dieser Einmischzone hohe Scherwirkung bewirkt eine effektive Zerstörung großer, aber gegebenenfalls nicht stark zusammenhaftender Agglomerate. Diese Zerstörung nicht stark zusammenhaftender Agglomerate kann vor der intensiven Vermischung und damit vor der Anfeuchtung der äußeren Agglomeratsbereiche erfolgen; da die Anfeuchtung der äußeren Agglomeratsbereiche womöglich agglomeratstabilisierend wirkt, wird eine gute Agglomeratzerstörung durch die hohen Scherkräfte bewirkt.

**[0024]** Es ist vorteilhaft, wenn bei einem erfindungsgemäßen Dispersionsverfahren vorgesehen ist, dass zur chargenweisen Fertigung anfänglich Wasser und/oder Entschäumer und/oder Fließmittel und dann Feinstoffe zugegeben werden. Dass handelsübliche Fließmittel-Entschäumer-Gemische verwendbar sind, sei erwähnt. Es ist demnach nicht erforderlich, die Feinstoffe in bereits teilweise fertig gestellte Dispersion einzuarbeiten. Wie vorstehend bereits erwähnt, ist es vielmehr möglich, anfänglich ein Fluid ohne Feststoffeinmischung zu verwenden, also anfänglich eine niedrigviskose Dispersion zu erzeugen.

**[0025]** Es ist vorteilhaft, wenn bei einem erfindungsgemäßen Dispersionsverfahren der vorliegenden Erfindung die in der Zone intensiver Vermengung intensiv vermengte Dispersion am Ausgang der Zone intensiver Vermengung und/oder dahinter entnommen wird. Bei kontinuierlicher Fertigung, also dann, wenn nicht chargenweise gefertigt wird, kann also ein Teil der per se fertig hergestellten Dispersion wieder zurückgeführt werden; dies ist besonders vorteilhaft. Damit kann apparativ erreicht werden, dass die Einmischzone und die Zone intensiver Vermischung (lokal) getrennt bleiben. Dies erlaubt optimierte Auslegungen beider Zonen. Bei chargenweiser Fertigung wird durch die bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltung erreicht, dass die zuvor dispergierten Feststoffe durch deren bereits erfolgte intensive Vermengung wie erforderlich und zu einem gegebenen Zeitpunkt möglich dispergiert sind, bevor weitere Feststoffe zugegeben werden. Dies hat zur Folge, dass – wie gewünscht – die Zugabe der weiteren Feststoffe in eine fließfähige Dispersion hinein erfolgt. Dies gewährleistet auch ohne weiteres die erfindungsgemäß angestrebte Wirkung.

**[0026]** Es ist vorteilhaft, wenn bei einem erfindungsgemäßen Dispersionsverfahren vorgesehen ist, dass die entnommene Dispersion in der Einmischzone wieder zugeführt und mit weiteren Fest- bzw. Feinstoffen versetzt wird. Mit anderen Worten erfolgt die Einmischung der weiteren, im Laufe der Fertigung zuzusetzenden Stoffe bevorzugt direkt in die Dispersion hinein, das heißt ohne vorherige zusätzliche Anfeuchtung oder dergleichen, wobei jedoch erwähnt sei, dass in einer baulich besonders bevorzugten Ausgestaltung dessen ungeachtet die Zufuhr von Feststoffen in die Einmischzone durch Einbringen,

etwa Einstreuen, der Feststoffe in einem Zentrum erfolgt, von wo aus die Feststoffe in äußere Bereiche geschleudert werden, wo oder wobei sie mit der rückgeführten Dispersion in Kontakt gebracht werden. Auf diese Weise wird eine hervorragende Agglomeratzerstörung bewirkt. Dass es aber nicht zwingend ist, dass die entnommene Dispersion in der Einmischzone mit weiteren, zuvor noch nicht benetzten Fest- bzw. Feinstoffen versetzt wird, sei gleichfalls erwähnt. So können etwa einzelne, gegebenenfalls auch alle der zuzugebenden und zu dispergierenden Feststoffe vorab mit Fluid, insbesondere frischem Anmachwasser, Fließmitteln usw. versetzt werden.

**[0027]** Es ist vorteilhaft, wenn bei einem erfindungsgemäßen Dispersionsverfahren vorgesehen ist, dass die in der Einmischzone und/oder der Zone intensiver Vermengung zugeführte Leistung geregelt wird, insbesondere mehrstufig oder (gegebenenfalls quasi-)kontinuierlich geregelt wird, insbesondere unter Berücksichtigung einer momentan erfassten Temperatur, insbesondere der Dispersionstemperatur und/oder einer Antriebstemperatur, des (Antriebs-)Energieeintrags, der Antriebsleistung und/oder des Antriebsdrehmoments. Es wird also in der bevorzugten Ausführung nicht einfach eine einfache Hysterese verwendet, um die Leistungszufuhr zu erhöhen und/oder zu senken beziehungsweise abzuschalten, sondern es wird vielmehr in vielen feinen Stufen bzw. stufenlos geregelt oder gesteuert, was es erlaubt, optimierte Dispergierungsergebnisse in kurzer Zeit zu erzielen.

**[0028]** Es ist auch vorteilhaft, wenn bei einem erfindungsgemäßen Dispersionsverfahren vorgesehen ist, dass die Menge der zugesetzten Feinstoffe gesteuert und/oder geregelt wird, insbesondere unter Berücksichtigung der Leistungsaufnahme, der Energieaufnahme des Antriebs, der Antriebsleistung und des Antriebsdrehmoments zumindest eines Motors, der Dispersionstemperatur und/oder einer Antriebstemperatur, der Zeit seit Chargenansatz und/oder der Menge bereits zugesetzter Feinstoffe und/oder der Schütt- und/oder Korndichte, wobei die Menge zugesetzter Feinstoffe insbesondere unter Berücksichtigung tabellierter Werte bestimmt wird. Auf diese Weise kann auch mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erreicht werden, dass bei der Dispergierung beziehungsweise Mörtel- oder Leimbildung ablaufende Prozesse so berücksichtigt werden, dass für die jeweils verwendeten Stoffe hervorragende Ergebnisse erzielt werden.

**[0029]** Schutz wird auch beansprucht für eine Vorrichtung zur Dispersion von Feinstoffen, mit einer Einmischzone und einer Zone intensiver Durchmischung, dadurch gekennzeichnet, dass eine Rückführung für in der Zone intensiver Vermengung intensiv vermengte Dispersion vorgesehen ist.

**[0030]** Die Erfindung wird im Folgenden nur beispielhaft beschrieben unter Bezugnahme auf die Zeichnung. In dieser ist dargestellt durch:

**[0031]** Fig. 1 eine partiell aufgeschnittene, perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Dispersion von Feinstoffen;

**[0032]** Fig. 2 eine Schnittansicht eines Teils der Vorrichtung von Fig. 1;

**[0033]** Fig. 3 eine schematische Ansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

**[0034]** Nach Fig. 1 umfasst eine allgemein mit **1** bezeichnete Vorrichtung zur Dispersion von Feinstoffen eine Einmischzone **2** und eine Zone intensiver Durchmischung **3**, wobei eine Rückführung **4** für in der Zone intensiver Durchmischung intensiv vermengte Dispersion vorgesehen ist, so dass mit der Vorrichtung **1** ein Dispersionsverfahren ausgeführt werden kann, bei welchem Feststoffe eine Einmischzone und eine Zone intensiver Durchmischung einer Dispergiervorrichtung durchlaufen, und wobei in der Zone intensiver Vermengung intensiv vermengte Dispersion entnommen und zur Einmischung weiterer Feststoffe rückgeführt wird.

**[0035]** In Fig. 1 ist dabei die Vorrichtung **1** weiter mit einem Zwangsmischer **5** versehen, in welchen hinein, vergleiche Fig. 3, einerseits die Rückführung **4** aus der Zone intensiver Vermengung **3** mündet und andererseits eine Zufuhr für Fluid, das in vorgebbaren Verhältnissen aus einem Fließmittelvorrat **6a**, einer Wasserquelle **6b** und einem Entschäumervorrat **6c** in einer Flüssigkeitswaage beziehungsweise unter Verwendung von Dosierpumpen **6d** zusammengemischt werden kann. Dass weitere und/oder andere Fluide zumischbar sind, sei erwähnt. Vom Zwangsmischer **5** können weiter aus einem ersten Doseur **7** Quarzsand und aus einem zweiten Doseur weitere Materialien, beispielsweise Fasern, wie Stahlfasern, zugeführt werden. Die Doseure sind gesteuert, so dass diese Zufuhr im Chargenverlauf variiert werden kann, zum Beispiel um sämtliche oder einen Teil der größeren Bestandteile erst nach Abschluss der Dispersion aller Feinstoffe zuzuführen. Vom Zwangsmischer ist eine Fluidleitung **4a** in eine Außenzone eines Einlasses **9** vor der Einmisch-Zone **2** geführt. Dazu ist zwischen der Fluidzufuhröffnung aus dem Zwangsmischer und dem Zentralbereich des Einlasses **9** eine zylindrische Trennwand **9a** vorgesehen, die einen Zentralbereich **9b** für die Zufuhr von Feststoffen umgibt. Dieser Zentralbereich **9b** ist nach oben für die Zufuhr von zu dispergierenden Feinstoffen wie Zement, Microsilica, Flugasche, Hüttensand, Kalksteinmehl und Quarzmehl aus Vorratsbehältern **10a**, **10b**, **10c** (vergleiche Fig. 3) über geeignete Dosierer auf Waagen **11a**, **11b**, **11c** trichterförmig geöffnet. Der Einlass **9** führt auf einen Schleuderteller **12**, der zen-

tral unter dem Zentralbereich angeordnet und dazu ausgebildet ist, die zudosiert von oben einfallenden Feinstoffe nach außen und somit in die dort frei herabfallende Flüssigkeit oder Suspension zu schleudern.

**[0036]** Im radial außen liegenden Bereich der Einmischzone **2** sind entlang des Umfangs bewegte, perforierte, blattförmige Mischwerkzeuge **13** angeordnet, die eine Einmischung der Feinstoffe in die Flüssigkeit fördern. Die perforierten, blattförmigen Mischwerkzeuge **13** und der Schleuderteller drehen sich in die gleiche Richtung; alternativ ist eine Drehung in entgegengesetzte Richtungen möglich, was eine Zone besonders hoher Scherwirkung ergibt. Eine Scherwirkung ist dann primär im Spalt zwischen Wand und blattförmigem Mischwerkzeug gegeben. Zur Durchmischung der flüssigen und festen Bestandteile wird dazu die Perforationen der Mischwerkzeuge **13** genutzt.

**[0037]** Unterhalb der Einmischzone **2** ist eine Homogenisierungszone mit blattförmigen Mischwerkzeugen **14** vorgesehen, die, wie möglich und bevorzugt, einstückig mit den blattförmigen Mischwerkzeugen **13** gebildet sind, jedoch eine feinere Perforierung aufweisen. Die blattförmigen Mischwerkzeuge **14** laufen in einem Spalt **15** um, der eine Zone intensiver Vermengung definiert und der über einem Umpump- und Entleerbereich **16** endet, aus welchem intensiv vermengte Dispersion durch einen Auslass **17a** entnommen oder über die Leitung **4** und den Zwangsmischer **5** in den Einlass **9** zurückgeführt werden kann. Dazu wird die fertige Dispersion in die Auslassleitung **17** getrieben. Im Umpump- und Entleerbereich rotieren nichtperforierte Paddel, die so dicht an die Wand herangeführt sind, dass sich eine für die hohe Viskosität ausreichende Pumpwirkung ergibt. Dass alternativ perforierte und/oder anders strukturierte Paddel verwendbar wären, sei aber erwähnt.

**[0038]** Die Rotationsgeschwindigkeit der blattförmigen Mischwerkzeuge ist so hoch, dass sich an der Außenwand ein Flüssigkeitsfilm bildet. Typische Umfangsgeschwindigkeiten liegen bei 16–22 m/s. Typisch ist der Bereich zur Hälfte bis etwa zu zwei Dritteln gefüllt. Zwischen den blattförmigen Mischwerkzeugen und der Außenwand verbleibt ein nur geringer Spalt, der vollständig mit zu dispergierender Masse gefüllt ist.

**[0039]** Die blattförmigen Mischwerkzeuge **13** und **14** sind von einem leistungsstarken Antrieb angetrieben, dessen Leistung geregelt werden kann; die Steuerung ist nicht dargestellt. Es sei erwähnt, dass sowohl ein direkter als auch ein indirekter Antrieb realisierbar ist. Bevorzugt ist insoweit der direkte Antrieb. Es sei weiter erwähnt, dass die Steuerung auf eine Mehrzahl von Einflussgrößen reagieren kann. So kann bei der erfindungsgemäßen Anordnung an mehreren

Stellen mittels Temperatursensoren eine Temperaturmessung erfolgen, um ein lokales oder globales Erhitzen oder Überhitzen der zu erzeugenden Dispersion erfassen und in der Regelstrategie berücksichtigen zu können. Gleichfalls sind bevorzugt Mittel vorgesehen, um zu erfassen, wie hoch das für eine gegebene Umdrehungsgeschwindigkeit erforderliche Drehmoment beziehungsweise die mit einer gegebenen, zugeführten elektrischen Antriebsleistung erzielbaren Drehgeschwindigkeiten sind. Die entsprechenden Messwerte werden ebenfalls an die Steuerung gespeist. Die Geschwindigkeit kann zum Beispiel gewählt werden in Abhängigkeit von einer Soll-Rezeptur, einer Ist-Temperatur oder einer Abweichung zwischen Ist- und Soll-Temperatur, einer Packungsdichte, einer relativen Feststoffkonzentration, dem Blaine-Wert, dem Wasseranspruch der Bindemittel und/oder Zusatzstoffe, dem C3A-Gehalt, der Sättigungsdosierung von Fließmittel zu Zusatzstoffen und/oder der Maschinen-Froude-Zahl. Dass demgemäß eine Steuerung verwendet werden kann, in der an verschiedene Ausgangsmaterialien und/oder verschiedene gewünschte Dispersionen angepasste Abläufe abgelegt sind, sei erwähnt. Dies kann auf Basis von Mikrokontrollern und dergl. mit digitalen Steuerungen geschehen.

**[0040]** Die Anordnung wird betrieben wie folgt: Zunächst wird Fluid in der Fluidwaage **6d** aus den Quellen **6a**, **6b**, **6c** gemischt und über den Zwangsmischer **5** in den Einlass **9** zugeführt.

**[0041]** Dann wird der Antrieb für die blattförmigen Mischwerkzeuge mit geringer Leistung in Betrieb gesetzt und es wird allmählich Feststoff aus den Vorräten **10a**, **10b**, **10c** für die Dosiermittel **11a**, **11b**, **11c** über den Einlass **9** zugemischt, worauf die Feststoffe auf den Schleuderteller **12** fallen, wo sie nach außen beschleunigt und durch den Aufprall und die Wirkung des Schleudertellers bereits weitgehend von groben Klumpen befreit werden. Dabei werden die Feststoffe verteilt und treffen auf die Flüssigkeit und werden darin eingemischt, um dann nach unten in die Homogenisierungszone zu gelangen, wo sie durch die blattförmigen Mischwerkzeuge intensiv vermengt werden und so eine homogene Dispersion erzeugt wird.

**[0042]** Über den Bereich **16** gelangt die intensiv vermengte Dispersion in die Auslassleitung **17** und von dort über die Rückführleitung **4** zurück in den Zwangsmischer, wo, wie für eine bestimmte Rezeptur erforderlich, weiteres Fluid zugesetzt werden kann. Im Zwangsmischer wird der intensiv vermengten Dispersion gegebenenfalls weiteres Fluid zugesetzt sowie gegebenenfalls geringe Mengen vergleichsweise groben Sandes aus dem Vorrat **7**, Fasern aus dem Vorrat **8** usw. zugesetzt werden können. Gemeinsam mit dem weiteren Fluid und eventuell zugesetzten gröberem Feststoffen gelangt die zuvor bereits intensiv vermengte Dispersion wiederum in die Einmisch-

zone, wo sie der Befeuchtung weiterer zudosierter, feiner Feststoffe dient, die aus dem Zentralbereich **9b** des Einlasses **9** nach außen geschleudert werden. Typisch werden gröbere Stoffe und/oder Fasern allerdings entweder erst in einem sehr späten Mischstadium oder in einer – typisch externen – Mischstufe zugesetzt.

**[0043]** Im Laufe dieses Verfahrens wird mit Fortschreiten der Zumischung die sich bildende Dispersion immer höher viskos, ohne dass jedoch Klumpen nicht durchfeuchteten Materials verblieben oder die zugemischten Feinstoffe unbefeuchtet blieben. Vielmehr wird durch die sukzessive Rückführung des intensiv vermengten Materials sichergestellt, dass eine homogene Dispersion erhalten wird.

**[0044]** Während des Fortschreitens der Mischung wird dabei, wie bevorzugt und möglich, kontinuierlich die Temperatur überwacht, um eine hohe Temperatur bei der Dispersionsbildung zu vermeiden; bei zu hohen Temperaturen kann die Leistung reduziert und/oder erforderlichenfalls die Feinstoffzufuhr entsprechend gedrosselt werden. Dass auch mit geeigneten, per se bekannten Mittel gekühlt werden kann, sei erwähnt. So wäre es möglich, Fluide gekühlt zuzugeben und/oder von außen Kühlelemente wie z. B. wasserdurchströmte Schlangen an Gehäusewänden anzuordnen.

**[0045]** Während der Mischung bleibt der Prozess trotz der hohen zugeführten Leistung gut beherrschbar, weil in jeder Phase eine vollständige Benetzung der Feststoffe gewährleistet ist, wobei die erstmalige Befeuchtung neuer Feststoffe in der Scherzone erfolgt und durch die enge Spalte eine intensive Vermengung bei guter Durchfeuchtung gewährleistet ist. Auch bei hohen, in der Endphase erreichten Viskositäten ergeben sich dabei durch die gesteuerte Zugabe von Feinstoffen keine Probleme, da die allmähliche Feinstoff- bzw. Feststoff-Zudosierung über die Zeit insbesondere unter Berücksichtigung der Temperatur, der Feinstoffdichten, der Packungsdichten und/oder der relativen Feststoffkonzentration und/oder von einem oder mehreren Antriebsparametern, wie der aktuell bei gegebener Leistung (noch) möglichen Drehgeschwindigkeit, so gesteuert werden kann, dass eine Zermahlung größerer Bestandteile durch innere Reibung und so eine permanente Dispergierung gewährleistet werden kann. Es kann so in kurzer Zeit eine große Menge Material mit geringem Energieaufwand dispergiert werden. Dass gegebenenfalls die Feinstoffdispersion in einer anderen Maschine mit gröberem Feststoffen mischbar ist, sei im übrigen erwähnt.

**[0046]** Zugleich wird die Antriebsleistung zunächst nach und nach sukzessive entsprechend der Viskositätszunahme erhöht, um ungeachtet der ansteigenden Viskosität eine dauerhaft gute Vermengung ge-

währleisten zu können. Typisch wird die Antriebsleistung dabei auf ein bestimmtes Maximum begrenzt, was die Vorrichtung schont.

**[0047]** Auf die beschriebene Weise können extrem leistungsfähige Betonsorten mit geringem Energieaufwand hergestellt werden.

**[0048]** Dass dabei im übrigen weitere Maßnahmen zur Bildung einer besonders homogenen, intensiv vermengten Dispersion mit geringem Energieaufwand sind, beispielsweise durch die Zuführung von Ultraschallenergie, sei erwähnt.



## ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

### Zitierte Patentliteratur

- DE 102008031852 A1 [0005]
- DE 102007027080 B4 [0008]
- EP 0948410 B1 [0009]
- DE 202009013755 U1 [0013]

### Zitierte Nicht-Patentliteratur

- "Zementgebundene Hightech-Werkstoffe für die Industrie" von T. Teichmann in: BWI BetonWerk International 6/2011, Seiten 78–82 [0004]
- "The influence of mixing on the microstructure of the cement paste/ag-gregate interfacial zone and on the strength of mortar" von A. W. Pope et al., J. Materials Science 27, 1992, 6452–6462 [0005]
- "Influences of Mixing Methods on the Microstructure and Rheological Behavior of Cement Paste" von M. Yang et al. in Adv. Cem. Bas. Mat. 1995, 2: 70–78 [0007]
- "Technique of multi-step concrete mixing" von K. R. Saeed in: Materials and Structures 1995, 28, 230–234 [0008]

## Patentansprüche

1. Dispersionsverfahren bei welchem Feststoffe eine Einmischzone und eine Zone intensiver Durchmischung einer Dispergiervorrichtung durchlaufen, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Zone intensiver Vermengung intensiv vermengte Dispersion entnommen und zur Einmischung weiterer Feststoffe rückgeführt wird.

2. Dispersionsverfahren nach dem vorhergehenden Anspruch zur Herstellung eines Hochleistungsbetons, in welchem als Feststoffe zumindest eine der folgenden Substanzen zugesetzt wird: Zement, Silicastaub, Flugasche, Hüttensand, Kalksteinmehl, Quarzmehle und/oder -sande, Microsilica, Verstärkungsfasern, insbesondere Glasfasern, Stahlfasern und/oder Kohlenstofffasern und/oder worin als Fluid Wasser, bevorzugt zusätzlich zu Entschäumer und/oder Fließmittel, zugesetzt wird.

3. Dispersionsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zone höchster Scherwirkung in der Einmischzone liegt.

4. Dispersionsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dispersion chargenweise gefertigt wird.

5. Dispersionsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur chargenweisen Fertigung anfänglich die Feinstoffe dem vorgelegten Wasser und/oder Entschäumer und/oder Fließmittel zugegeben werden.

6. Dispersionsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in der Zone intensiver Vermengung intensiv vermengte Dispersion am Ausgang der Zone intensiver Vermengung und/oder dahinter entnommen wird.

7. Dispersionsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die entnommene Dispersion in der Einmischzone wieder zugeführt und mit weiteren Feinstoffen versetzt wird.

8. Dispersionsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Einmischzone und/oder der Zone intensiver

Vermengung die zugeführte Leistung geregelt wird, insbesondere mehrstufig und/oder kontinuierlich geregelt wird, insbesondere unter Berücksichtigung der Leistungsanforderung an den Antrieb und/oder der Geschwindigkeitsanforderungen der Mischwerkzeuge, insbesondere in Abhängigkeit von der Rezeptur, der Ist- und/oder Soll-Temperatur, der Packungsdichte, der relativen Feststoffkonzentration, des Blaine-Wertes, des Wasseranspruchs der Bindemittel und/oder Zusatzstoffe, des C3A-Gehalts, der Sättigungsdosierung von Fließmittel zu Zusatzstoffen und/oder der Maschinen-Froude-Zahl und/oder der Dosierrate und/oder der Dosierreihenfolge der Ausgangsstoffe und/oder der Temperatur, insbesondere der Dispersions-temperatur und/oder einer Antriebstemperatur.

9. Dispersionsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dosierung und Reihung der zuzusetzenden Feinstoffe zur Minimierung der gesamten Prozessdauer gesteuert und/oder geregelt wird, insbesondere unter Berücksichtigung der Leistungsaufnahme zumindest eines Motors, der Werkzeuggeschwindigkeit, der Dispersions-temperatur und/oder einer Antriebstemperatur, der Zeit seit Chargenansatz und/oder der Menge bereits zugesetzter Feinstoffe und/oder der Schütt- und/oder Korndichte, wobei die Menge zugesetzter Feinstoffe insbesondere unter Berücksichtigung tabellierter Werte bestimmt wird.

10. Dispersionsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche soweit nicht von Anspruch 4 abhängig, **dadurch gekennzeichnet**, dass kontinuierlich produziert wird.

11. Dispersionsverfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Anlaufphase durchlaufen wird.

12. Vorrichtung zur Dispersion von Feinstoffen, mit einer Einmischzone und einer Zone intensiver Durchmischung, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Rückführung für in der Zone intensiver Vermengung intensiv vermengte Dispersion vorgesehen ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

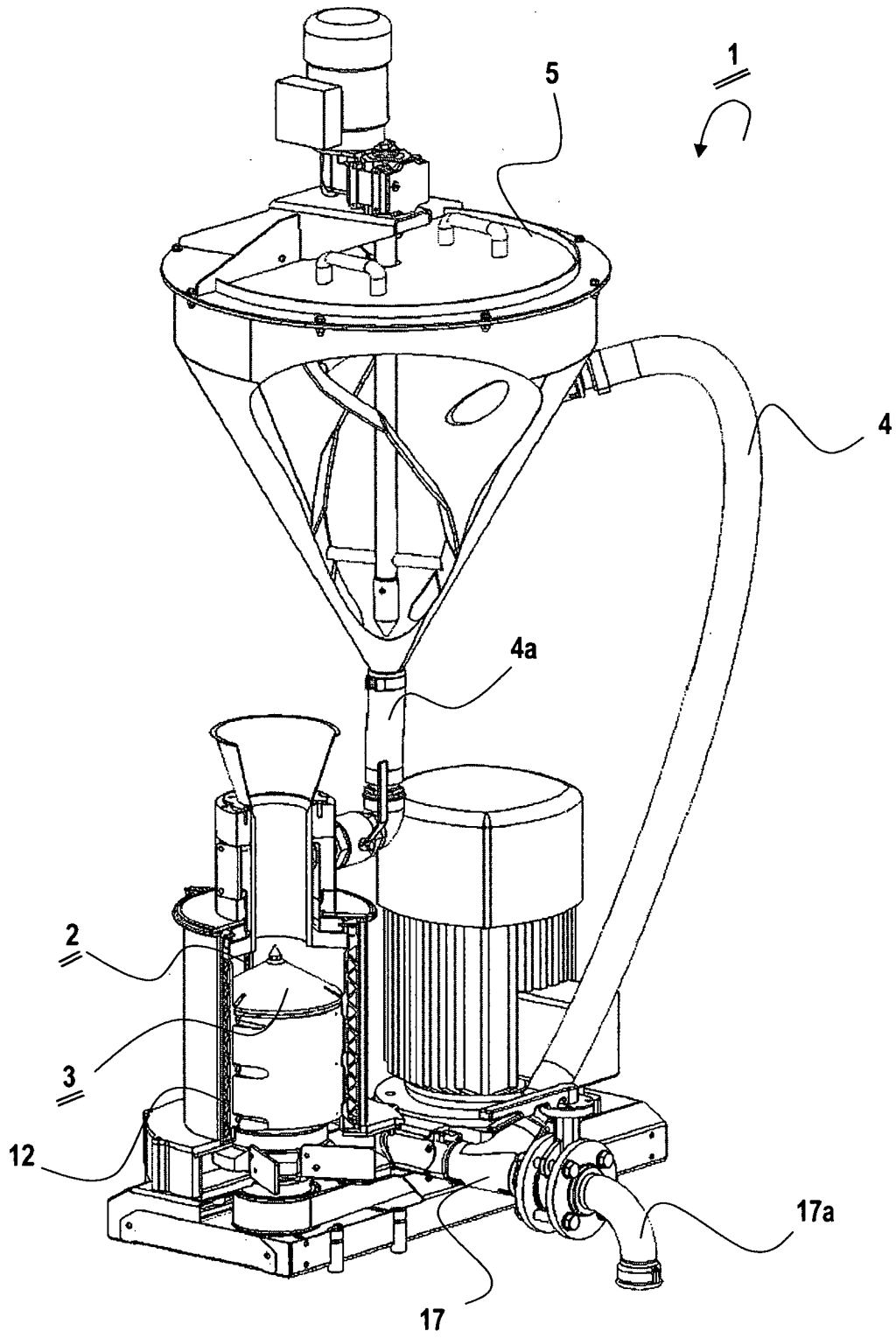


Fig. 1

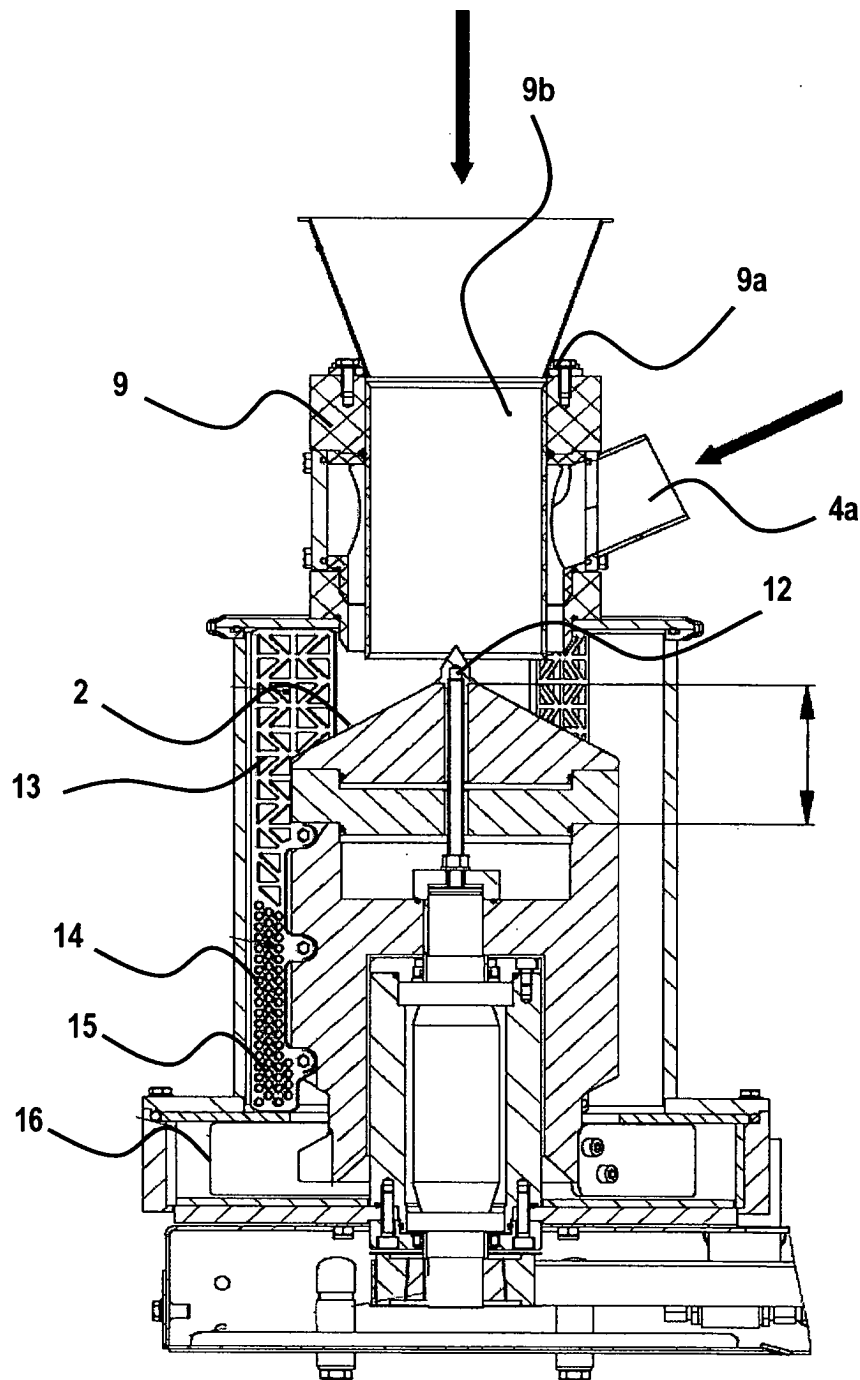


Fig. 2

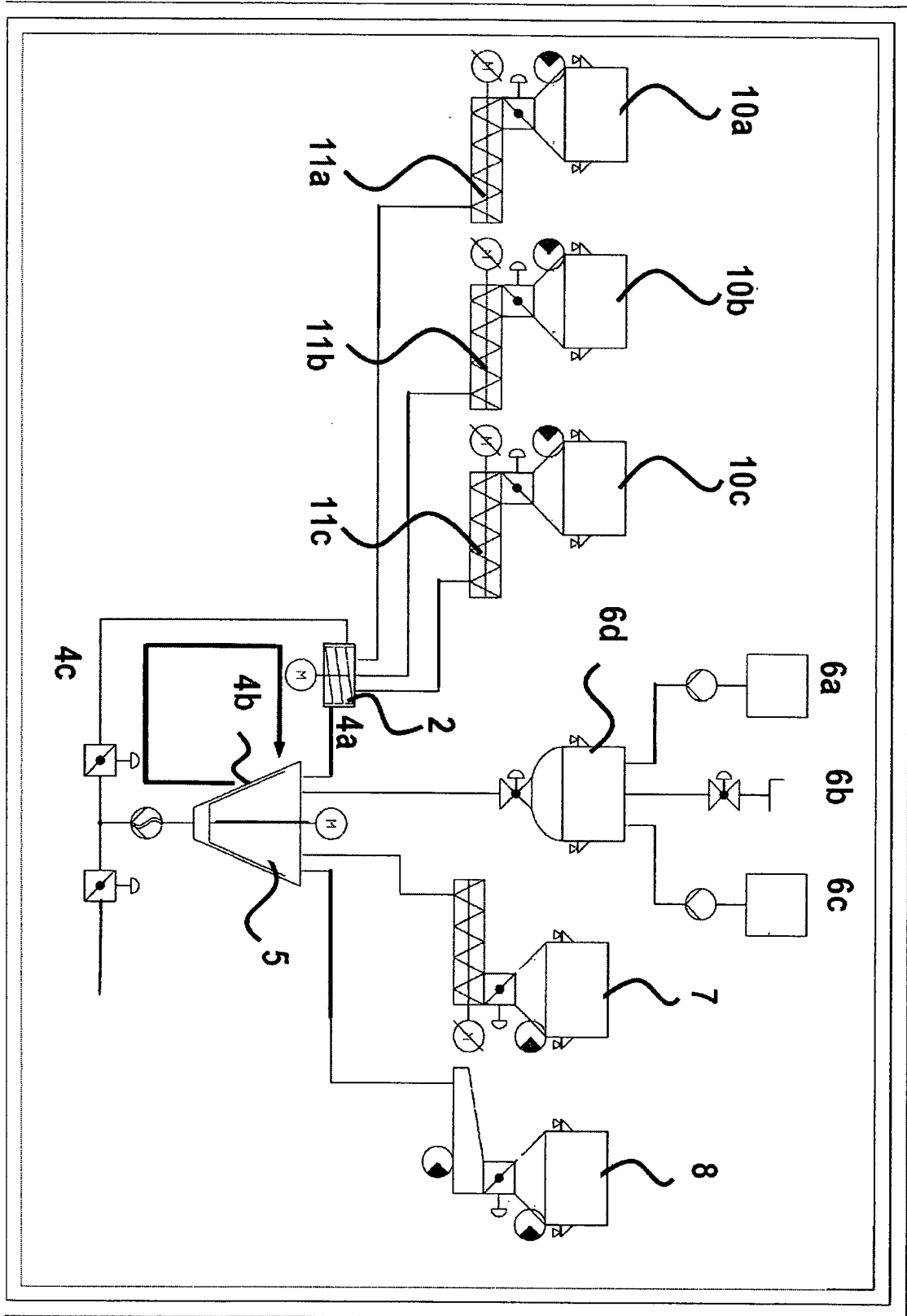


Fig. 3