



(11) **EP 2 090 783 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**19.08.2009 Patentblatt 2009/34**

(51) Int Cl.:  
**F04C 7/00 (2006.01) F04C 13/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **08010657.8**

(22) Anmeldetag: **12.06.2008**

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

(72) Erfinder:  
• **Koch, Christian**  
**96155 Buttenheim (DE)**  
• **Hoffmann, Arno**  
**91154 Roth (DE)**

(30) Priorität: **18.02.2008 DE 102008009647**

(74) Vertreter: **Kayser, Christoph**  
**Patentanwälte**  
**Kayser & Cobet**  
**Sächsische Strasse 1**  
**10707 Berlin (DE)**

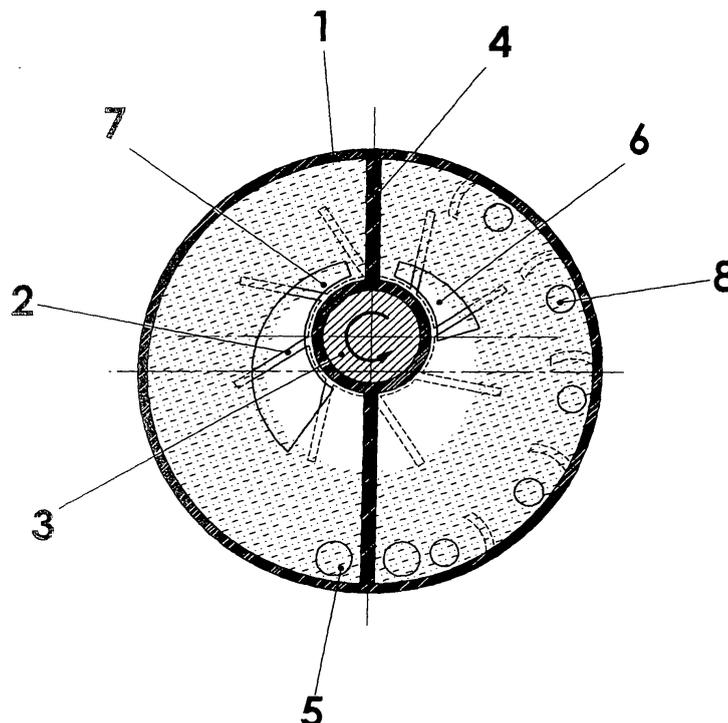
(71) Anmelder: **Koch, Christian**  
**96155 Buttenheim (DE)**

(54) **Schlammreaktorpumpe zur gleichzeitigen Förderung von Feststoffen, Flüssigkeiten, Dämpfen und Gasen**

(57) Flüssigkeitsring-Vakuumpumpe mit den Eigenschaften einer Radialkolbenpumpe für die Förderung von heißen, verdampfenden Flüssigkeiten, Feststoffen und Gasen in einem gemeinsamen Förderstrom, die durch

die Verlustleistung auch die Beheizung des Kreislaufes ermöglicht, die Kavitation und die Verschmutzung der Lager und Dichtungen beherrscht und eine hohe Lebensdauer ermöglicht.

**Figur 1**



**EP 2 090 783 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, die Gemische bei chemischen, insbesondere katalytischen Reaktionen aus reagierenden Feststoffen, Flüssigkeiten mit den dabei entstehenden Dämpfen und Gasen während der Reaktion zu fördern.

**[0002]** Bekannt sind aus der Reaktionstechnik Rührwerke in Behältern, die vorwiegend eine diskontinuierliche Reaktion ermöglichen. Die Inhalte werden erst nach Abschluss der Reaktion gefördert, wobei dann ein homogener flüssiger Zustand erreicht ist, der das Abpumpen mit den bekannten Pumpensystemen ermöglicht.

**[0003]** Während der Reaktion lassen sich die Reaktionsgemische nicht umwälzen, was eine kontinuierliche Reaktionsführung ausschließt. Es ist deshalb Ziel der Erfindung, solche Reaktionsgemische während der Reaktion umzuwälzen und die gute Vermischung in dem Fördersystem für die Beschleunigung der Reaktion und damit Verkleinerung der Reaktionsanlage zu nutzen. Im Fordergrund steht dabei nicht die Erzielung guter Wirkungsgrade, sondern die Nutzung der Verlustenergie zur Erwärmung der Förderflüssigkeit bis auf Reaktionstemperatur.

**[0004]** Die bekannten Pumpensysteme sind zur Förderung der entstehenden Reaktionsgemische aus Gasen und Dämpfen einerseits und mit Feststoffen beladenen Flüssigkeiten andererseits nicht geeignet. Radialradpumpen reagieren auf die bei der Reaktion entstehenden Gase und Dämpfe sehr kritisch. Die sich bei der Reaktion bildenden Dämpfe sammeln sich wegen der geringen Dichte im Zentrum des Laufrades und führen dort zu Kavitation und zum Abriss der Förderung. Die damit verbundenen unzureichenden NPSH-Werte, d. h. die Entstehung unzulässiger Kavitation, führen zur Zerstörung der Pumpe.

**[0005]** Der notwendige Unterdruck zum Einsaugen der Reaktionsgemische ist bei den üblichen Pumpen mit Radialrädern nur in geringem Umfang möglich und außerhalb des Bereiches, den reagierende Gemische in Chemieanlagen haben. Seitenkanalpumpen können selbst ansaugen. Der mögliche Unterdruck ist aber nicht für die Reaktionsgemische ausreichend. Wegen der engen Spalte verstopfen die mitgeführten Feststoffe die Kanäle. Die Lebensdauer bekannter Fördereinrichtungen ist gering, wenn es überhaupt zu einer Förderung kommt.

**[0006]** Eine Pumpenart, die im Einlauf große Unterdrücke erzeugt ist die Flüssigkeitsring-Vakuumpumpe. Sie ist jedoch nicht für den Flüssig- und Feststofftransport geeignet und vorgesehen. Diese Pumpe ist in der Lage, Gase und Dämpfe anzusaugen, nicht jedoch Flüssigkeiten und Feststoffe zu fördern. Es wurde deshalb nach einer Möglichkeit gesucht, diesen Pumpentyp auch für die Förderung von Flüssigkeiten und Feststoffen zu erüchtigen und damit die erfinderische Aufgabe zu lösen.

**[0007]** Dabei wurde überraschenderweise eine Lösung dafür gefunden. Erfindungsgemäß wurde die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Flüssigkeitsring-Vakuumpumpe mit den Eigenschaften einer Radialpumpe kombiniert. Damit wurde ein neuer Pumpentyp geschaffen, der die Förderung von Flüssigkeiten der Radialpumpe, die Gasförderung der Flüssigkeitsring-Vakuumpumpe vereinigt und durch eine besondere Ausbildung der Kanäle zudem die Förderung der Feststoffe ermöglicht. Diese Untersuchung ergab überraschenderweise die funktionierende Entdeckung. Erst die Kombination beider Systeme ermöglicht die bei der Reaktion entstehenden Gase und Dämpfe von der Flüssigkeit zu trennen und beide Aggregatzustände problemlos zu fördern.

**[0008]** Das Trennen der Gase und Dämpfe geschieht dabei auf dem Prinzip der Flüssigkeitsring-Vakuumpumpe, die durch die Zentrifugalkraft des Flügellaufrades diese nach innen abscheidet und fördert. Die Förderung der festen und flüssigen Stoffe am Umfang geschieht durch ein Leitsystem der Steuerscheiben, die diese Stoffe am Umfang axial transportiert und damit immer neue feste und flüssige Stoffe nachgefördert werden.

**[0009]** Beiderseits der Laufräder sind Steuerscheiben angeordnet, die den Pumpenraum begrenzen. Laufräder und Steuerscheiben sind exzentrisch angeordnet. Dadurch kann sich während der Ansaugphase oder bei Gasmitförderung ein Flüssigkeitsring ausbilden, der sich mit unterschiedlichem Abstand an die Laufradnabe legt. Es bilden sich gasgefüllte Räume, die sich wegen der Exzentrizität vergrößern und verkleinern. In diesem Betriebszustand ist die Schlammreaktorpumpe gut zur Mitförderung von Gasen und Dämpfen geeignet.

**[0010]** Das Flüssigkeits-/Dampfgemisch wird durch einen Saugschlitz, der sich im Bereich des größten Abstandes des Flüssigkeitsringes von der Nabe befindet, angesaugt. Wegen der unterschiedlichen Dichte sammelt sich das Reaktionsgas im Nabenbereich und wird über einen Druckschlitz, der im Bereich des kleinsten Abstandes des Flüssigkeitsringes von der Nabe befindet, ausgestoßen.

**[0011]** Über die Radialkomponente des Laufrades wird die Flüssigkeit von der Gasphase getrennt und über Öffnungen in Form von Schlitzten oder Bohrungen, die am Gehäuseaußendurchmesser liegen im Bereich des höchsten Gehäusedruckes ausgeleitet bzw. über eine Leiteinrichtung in die nächste Stufe gefördert. Zur Umlenkung der Flüssigkeit sind vor den Austrittsöffnungen Leitschaufeln angeordnet. Die Förderung von Flüssigkeit ist nur mit mäßigem Wirkungsgrad möglich. Die dadurch entstehende Verlustleistung dient der Energiezufuhr an das Fördermedium.

**[0012]** Ein enger Axialspalt zwischen Gehäuse und Laufrad wie bei der Flüssigkeitsring-vakuumpumpe ist nicht erforderlich, weil der Flüssigkeitsring erfindungsgemäß nicht in einer abgeschlossenen Kammer stabilisiert werden muss, sondern axiale Austrittsöffnungen erhält, die im Bereich des höchsten Gehäusedruckes angeordnet werden, bei Bedarf mit nachgeschalteten Leiteinrichtung. Die Gestaltung der Öffnungen ermöglicht ein Zerkleinern der Feststoffe bei gleichzeitiger Scherwirkung auf das Fördermedium.

**[0013]** In der Leiteinrichtung wird die Flüssigkeit, welche durch die druckseitigen Austrittsöffnungen strömt in der Weise umgelenkt, dass sie der nächsten Stufe zu-geführt bzw. bei einstufigen Maschinen als Bypaß genutzt wird. Damit ergibt sich eine bessere Vermischung durch längere Verweilzeit des Mediums und ein zusätzlicher Energieeintrag durch Reibung zum schnelleren Reaktionsablauf.

**[0014]** Dadurch wird es ermöglicht, dass der Flüssigkeitsring oder auch Feststoff-Flüssigkeitsring ständig ausgetauscht wird und durch die neu einströmenden Gemische aus Feststoffen und Flüssigkeit in die nächste Stufe bzw. in die Förderleitung gedrückt wird. Bei dieser Betriebsweise kommt es zu einer intensiven Vermischung zwischen Flüssigkeitsring und nachströmendem Fördermedium.

**[0015]** Dabei wird die Fähigkeit der Flüssigkeitsring-Vakuumpumpe erhalten, einen großen Ansaugunterdruck zu erzeugen, die Gase und Dämpfe wie in der Vakuumpumpe in der Mitte zu fördern und durch das Radialradprinzip trotzdem das Flüssigkeits-Feststoff-Gemisch, den Schlamm, gleichzeitig im reagierenden Zustand bei hoher Temperatur mit durch die Pumpe zu fördern.

**[0016]** Die Größe der in der erfindungsgemäßen Ausführung ausgeführten Leitprofile und Bohrungen bestimmen damit gleichzeitig den Förderbereich der Pumpe an dem Feststoff-Flüssigkeits-Gemisch. Ein weiterer Vorteil liegt in der Möglichkeit einer Reinigung der Anlage durch Drehrichtungsumkehr der Pumpe. Als Wellendichtung kommen doppeltwirkende, drehrichtungsunabhängige Gleitringdichtungen zum Einsatz, die mit geeigneter Flüssigkeit, z.B. Öl als Sperrmedium zwischen pumpenseitiger und atmosphärensseitiger Dichtung betrieben werden.

**[0017]** Die Sperrflüssigkeit wird mit leichtem Überdruck gegenüber der pumpenseitigen Dichtung über Hilfspumpen umgewälzt. Erfindungsgemäß ist zwischen innerer und äußerer Dichtung das Pumpenlager so angeordnet, dass die Sperrflüssigkeit gleichzeitig zur Schmierung und Kühlung genutzt wird. Um die Temperatur an der Gleitringdichtung und am Pumpenlager im zulässigen Bereich zu halten sind in den Kreislauf Wärmetauscher geschaltet.

**[0018]** Der höhere Druck der Sperrflüssigkeit gegenüber der inneren Dichtung verhindert, dass die im Schlamm eingetragenen abrasiven Feststoffteile, wie z.B. Metall, Glas und Steine von Dichtspalt, Lager und Welle ferngehalten werden. Über die beschriebene Anwendung hinaus kann in einem Schleifenmischer, der in einem Bypassrohr zwischen den Stufen angeordnet wird, zusätzliche Vermischung erreicht werden (Figur 9).

**[0019]** Die nachfolgenden Figuren erläutern die Erfindung. Figur 1 bis 5 zeigt den Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Schlammreaktorpumpe. Dabei zeigt die Figur 1 den Querschnitt im vorderen Teil der Pumpe, der mit der Ansaugöffnung der Pumpe verbunden ist. Mit 1 ist das Gehäuse bezeichnet. Das Laufrad 2 hat einen

Schaufelkranz, der in Drehrichtung gesehen, nach hinten geneigt ist. Mit 3 ist die Welle bezeichnet, die mit dem Lager und der Trennwand 4 zum Gehäuse 1 kraft- und formschlüssig verbunden ist.

5 **[0020]** Die Austrittsöffnung zur Entleerung der Pumpe ist mit 5 bezeichnet. Über die Bohrungen 8 ist der Flüssigkeitsring mit der nächsten Stufe mit dem Gemischeintritt für die nächste Stufe 6 verbunden. Dadurch gelangt der mit der Zentrifugalkraft am Außenumfang gebildete Ring aus Flüssigkeit und Feststoffen über die Zwischenwand zwischen den beiden Stufen von außen nach innen in den innen liegenden Gemischeintritt 6. Das Gas, welches sich in der ersten Kammer innen ansammelt gelangt mit dem Gasaustritt 7 in die nächste Stufe.

10 **[0021]** Die Flüssigkeitsförderung erfolgt nach ihrem Eintritt in die erste Stufe durch die Zentrifugalkraft nach außen in den Flüssigkeitsring und über die Bohrungen und dem Kanal von außen nach innen zentral in die nächste Stufe. Die Gasanteile, die sich innen sammeln werden von Stufe zu Stufe nicht umgelenkt, sondern axial von Stufe zu Stufe gefördert. Figur 2 erläutert das System im Detail. Diese Figur zeigt den Flüssigkeitstransport zwischen der Stufe 1 und 2 in der dazwischen liegenden Leitkammer.

15 **[0022]** In der Leitkammer befinden sich die Leiteinrichtungen 9, die die von außen nach innen zwischen den Stufen geleiteten Flüssigkeits- und Feststoffe strömungstechnisch in die nächste Stufe so leiten, daß keine Verstopfungen oder strömungstechnische Blockaden auftreten. Dieses wird in der Figur 3, die nur die Zwischenscheibe darstellt, noch weiter vertieft. Die Figur 3 zeigt nur den Teil der Zwischenscheibe, der an der 1. Stufe liegt, wobei der Flüssigkeitsaustritt aus der ersten Stufe als 8 mit dargestellt ist.

20 **[0023]** In Figur 4 ist die andere Hälfte der Zwischenscheibe dargestellt. In Figur 5 ist auch der Gaseintritt und Gasaustritt 6 dargestellt. Das Ergebnis einer solchen Fördereinrichtung zeigt die Figur 6. Dabei ist zu sehen, daß die Schlammpumpe zwar einen hohen Unterdruck auf der Eintrittsseite der Pumpe hat, jedoch einen relativ niedrigen Förderdruck erzeugt. Das ist sehr vorteilhaft in chemischen Reaktionen mit Feststoffen, da die Feststoffe eine Düse auf der Ausgangsseite verstopfen würden. Bei solchen niedrigen Ausgangsdrücken ist aber die zusätzliche Einschaltung von Düsen nicht notwendig, da diese Druckunterschiede durch normale, geregelte Ventile gesteuert werden können ohne zusätzliche Androsselung mit Düsen.

25 **[0024]** Figur 7 zeigt die Ausführungsform einer erfindersischen Schlammreaktorpumpe mit 2 Reaktionskammern. Die Bezeichnungen entsprechen denen der Schnittbilder. Figur 8 zeigt die Einbindung einer solchen Schlammreaktorpumpe, die mit einem Elektromotor getrieben wird, als ein Gesamttaggregat. Mit 12 ist dabei die Schlammreaktorpumpe bezeichnet. Mit 13 ist der Motor bezeichnet, der als Elektromotor oder Verbrennungsmotor oder Verbrennungsturbine ausgebildet ist.

30 **[0025]** Mit 14 ist der Lüfter bezeichnet, der das Kreis-

lauföl der Lagerkühlung, der Lagerschmierung und der Drucksperre zur Verhinderung des Eindringens von festen Teilchen aus dem Fördermedium in die Lager rückkühlt. Mit 15 ist der Vorratsbehälter für das Vorratsvolumen der Lagerschmierung bezeichnet. Mit 16 ist die Pumpe für den Kühl- und Schmierkreislauf der Lagerschmierung bezeichnet.

**[0026]** Da die Aufgabe der Schlammreaktorpumpe die Vermischung und Erhitzung der eingesaugten Materialien ist, wird in die Saug- und Druckleitung zur weiteren Vermischung ein Schlaufenreaktor eingeschaltet, der diese Wirkung weiter erhöht. Dieser ist in der Figur 9 dargestellt.

**[0027]** In einem speziellen Ausführungsbeispiel wird die Erfindung näher erläutert. Dieses Ausführungsbeispiel ist in Figur 10 näher erläutert. Eine Schlammreaktorpumpe ist mit einem Elektromotor gekoppelt. Die Einheit hat eine elektrische Aufnahmeleistung von maximal 200 kW und im Mittel 120 kW. Die Einheit ist 3,5 m lang und die Schlammreaktorpumpe ist auf einer Aufnahmeplatte mit Schwingungsdämpfer montiert. Die Schlammreaktorpumpe hat eine Länge von 795 mm und ist auf eine Grundplatte von 840 x 1200 mm montiert. Der Abstand zwischen Ansaugung auf der Motorseite und der Überdruckleitung auf der Außenseite ist 795 mm. Der Druckverlauf der Überdruckseite ist in dem Diagramm in Figur 6 dargestellt.

#### Bezeichnung

#### [0028]

|    |                      |    |
|----|----------------------|----|
| 1  | Gehäuse              |    |
| 2  | Laufrad              |    |
| 3  | welle                | 35 |
| 4  | Trennwand            |    |
| 5  | Entleerung           |    |
| 6  | Gemischeintritt      |    |
| 7  | Gasaustritt          |    |
| 8  | Flüssigkeitsaustritt | 40 |
| 9  | Leiteinrichtung      |    |
| 10 | Förderhöhe           |    |
| 11 | Fördermenge          |    |
| 12 | Schlammreaktorpumpe  |    |
| 13 | Motor                | 45 |
| 14 | Lüfter               |    |
| 15 | Behälter             |    |
| 16 | Pumpe                |    |
| 17 | Schlaufenmischer     | 50 |

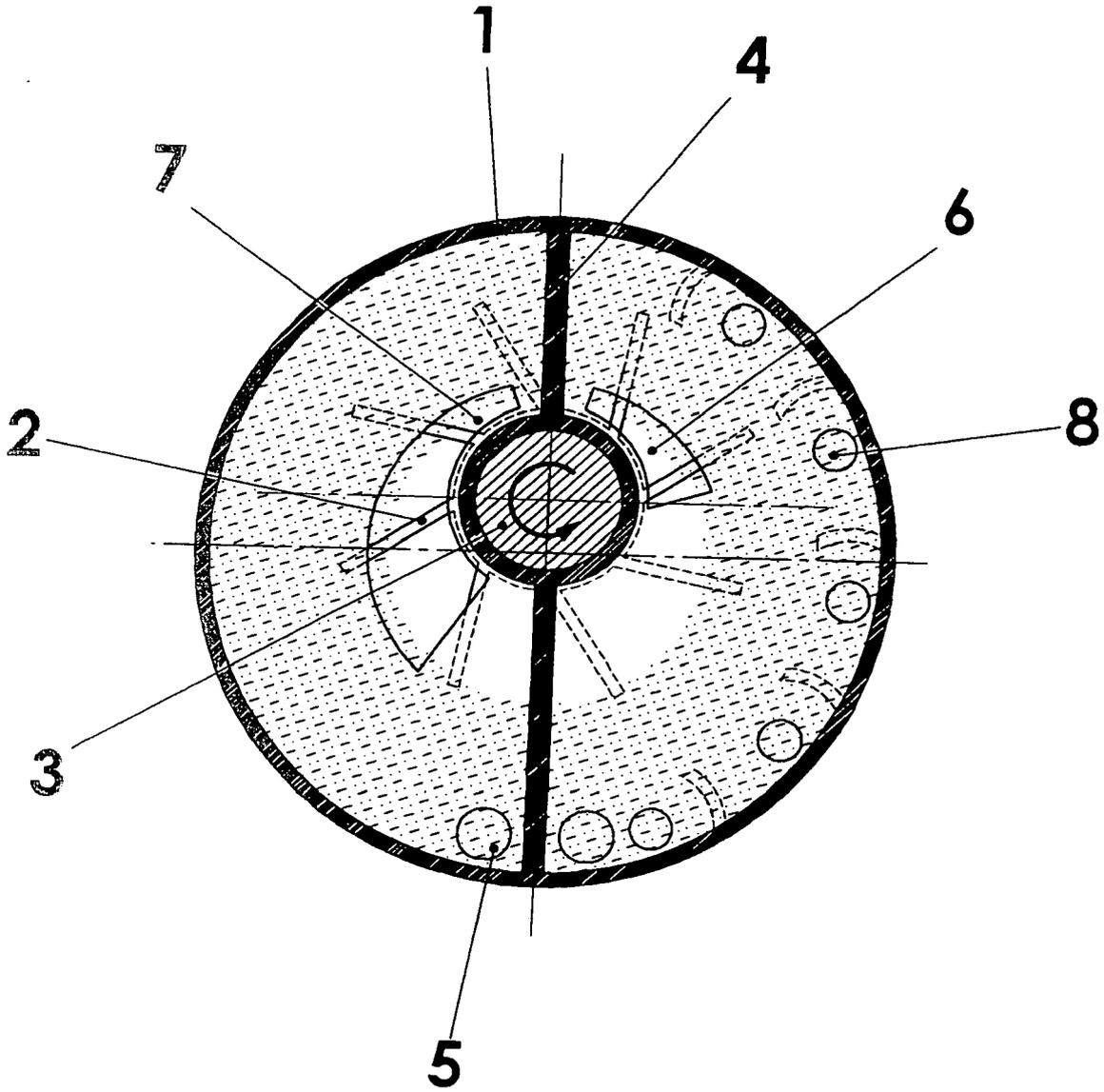
#### Patentansprüche

1. Schlammreaktorpumpe zur Förderung von Gemischen von festen, flüssigen, verdampfenden und gasförmigen Gemischen, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Flüssigkeitsring-Vakuumpumpe mit den Eigenschaften einer Radialradpumpe kombi-

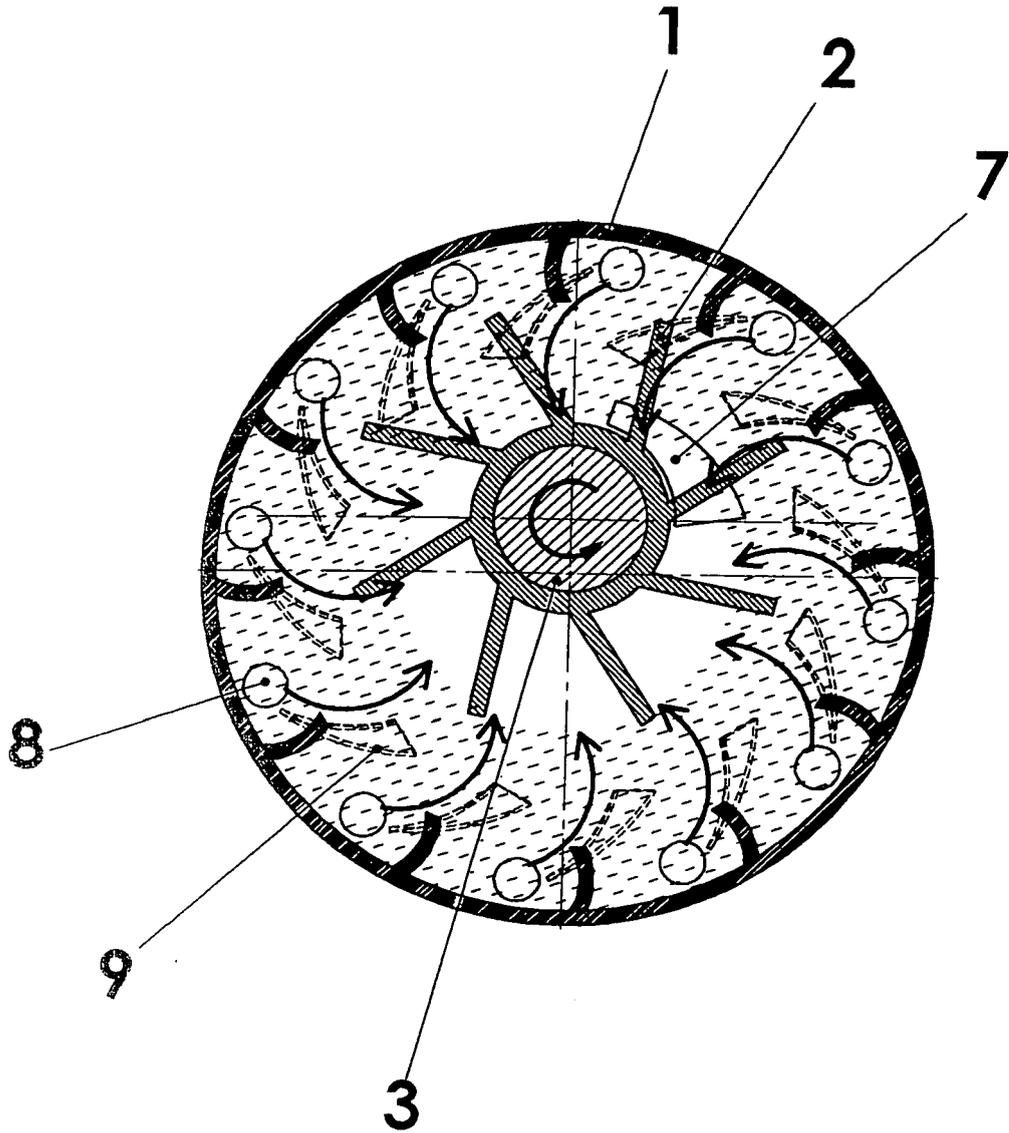
niert wird.

2. Schlammreaktorpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Förderung des Feststoffes und der verdampfenden Flüssigkeit durch die Ausbildung der Stufentrennwand durch Bohrung oder Schlitze in dem Umfang der ersten Stufe und zentralen Schlitzen in der 2. Stufe mit Leiteinrichtungen in den Trennwand zur Förderung der verdampfenden Flüssigkeiten und der Feststoffe von außen nach innen.
3. Schlammreaktorpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Lager und Dichtungen auf beiden Seiten der Pumpe mit einem spezifischen Überdruck zur Einsaug- und Austrittsseite der Schlammreaktorpumpe im gekühlten Kreislauf erfolgt.
4. Schlammreaktorpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** auf einer oder beiden Seiten der Schlammreaktorpumpe, am Eingang, Ausgang oder beiden Seiten Schlaufenreaktoren angebracht sind.

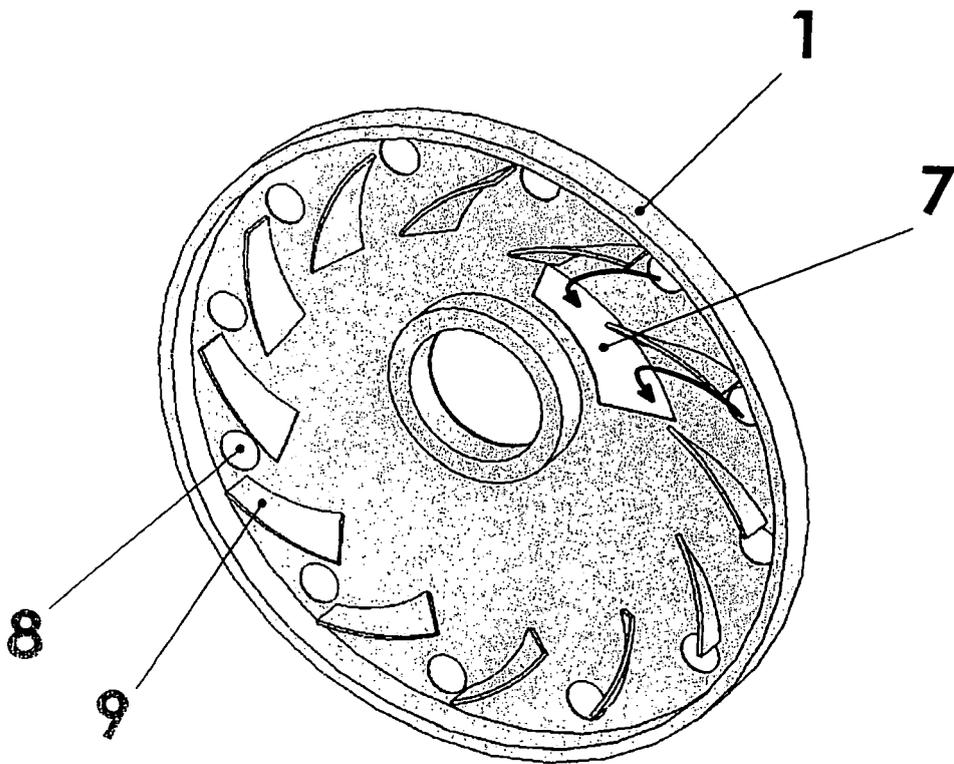
# Figur 1



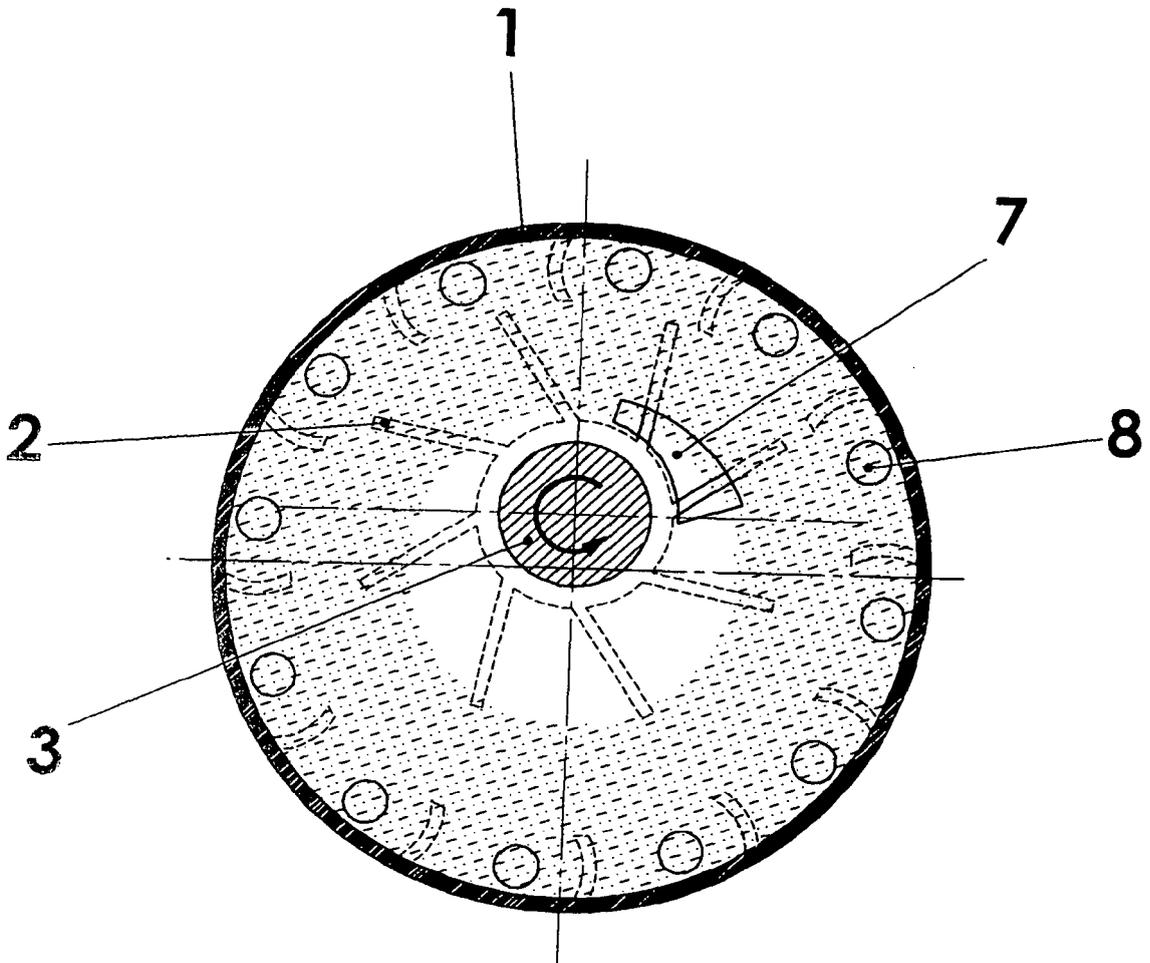
# Figur2



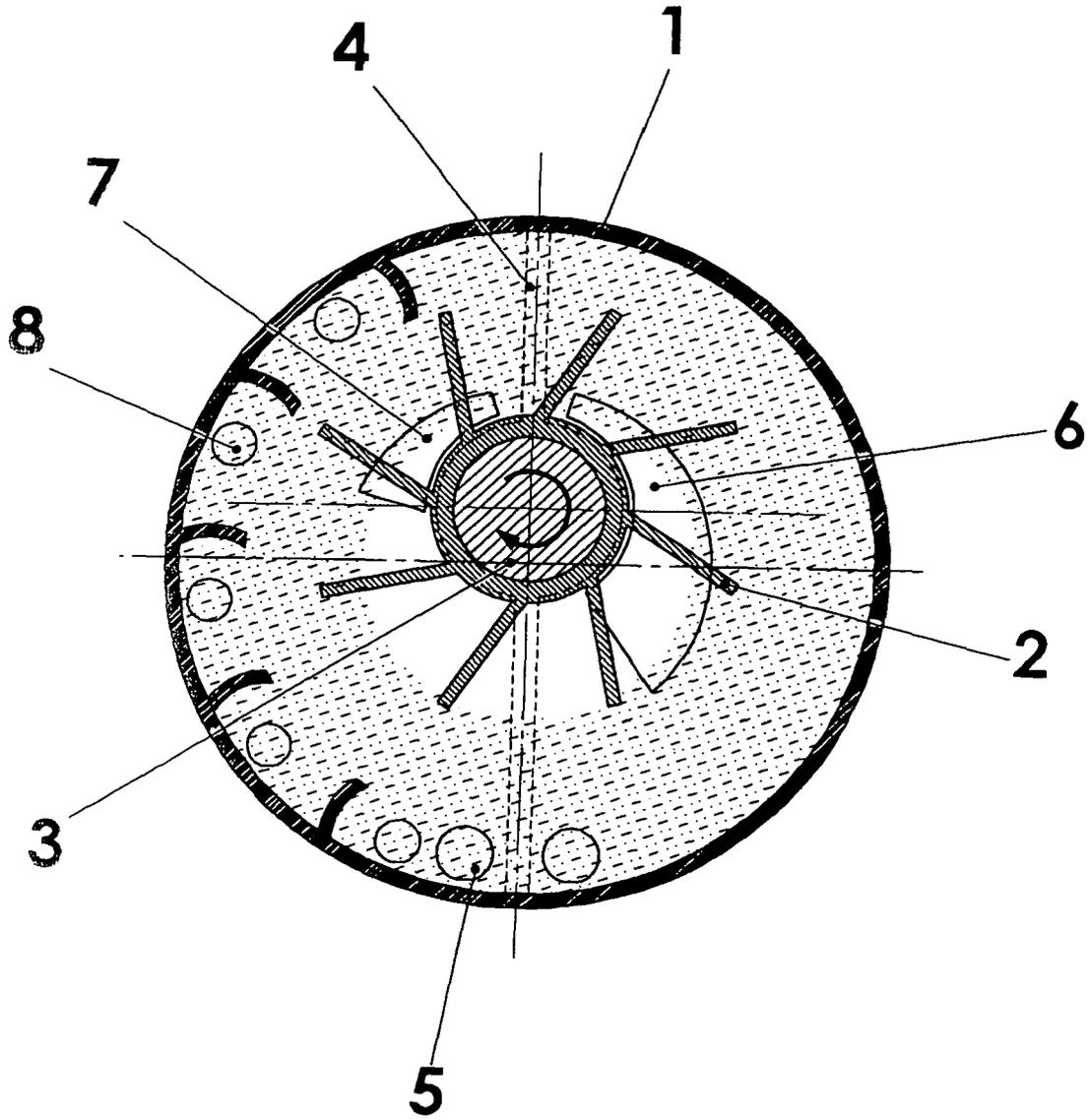
# Figur3



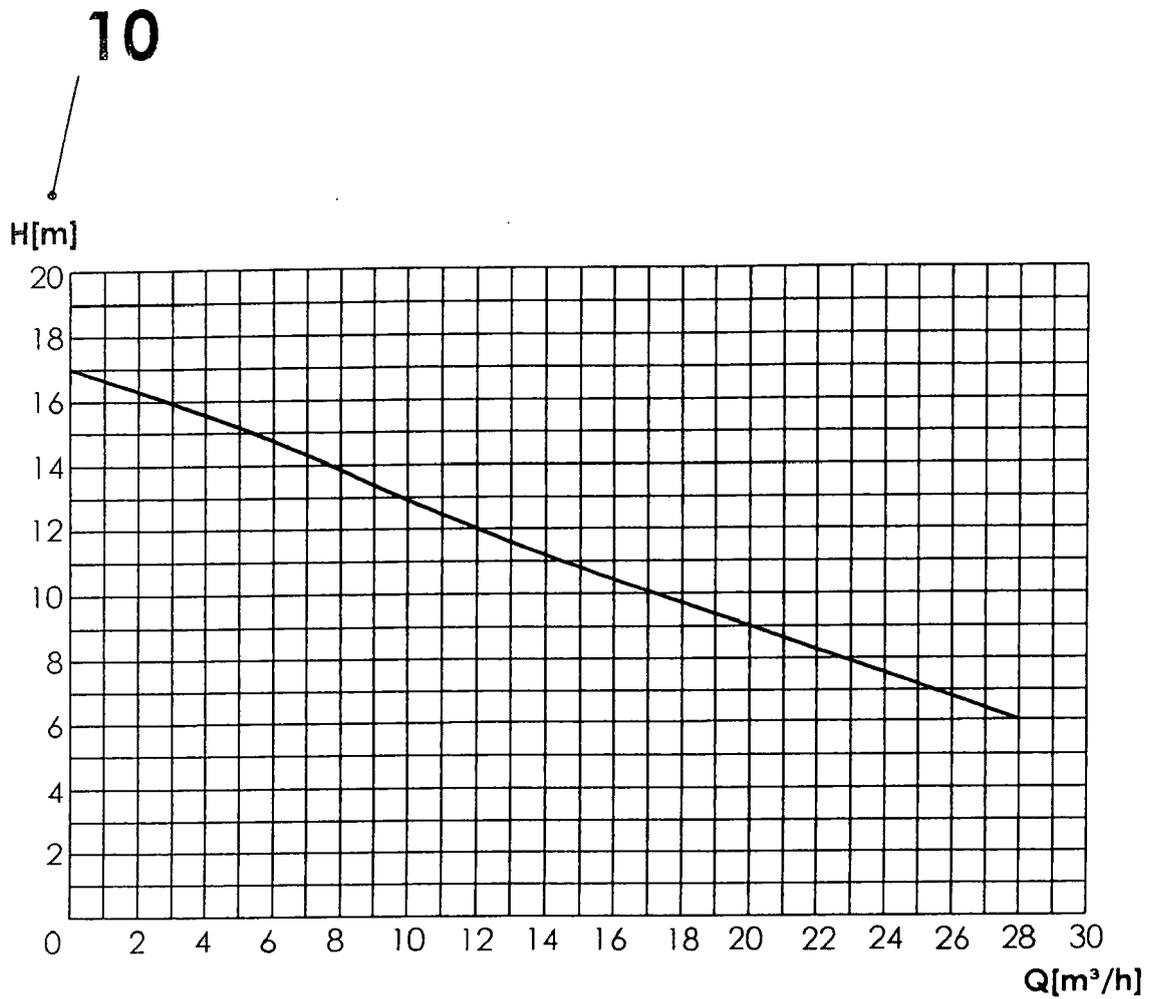
# Figur4



# Figur 5



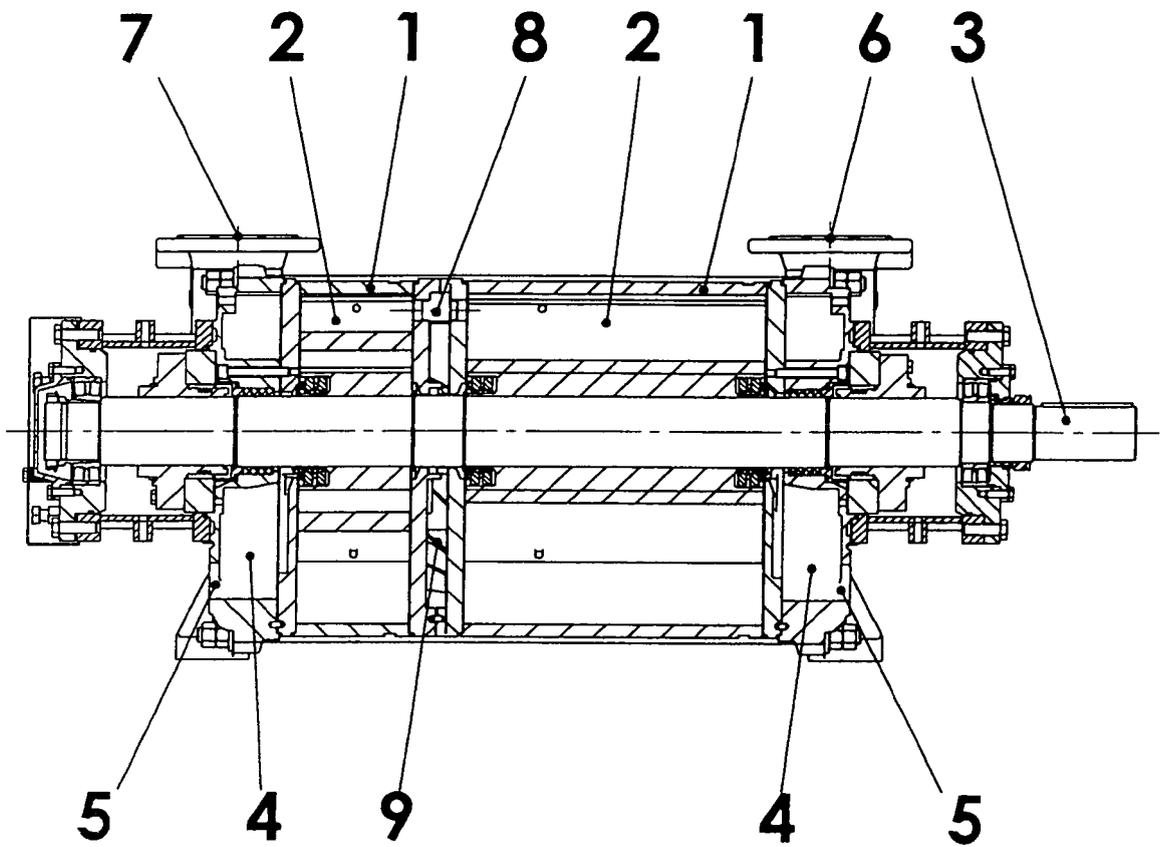
# Figur 6



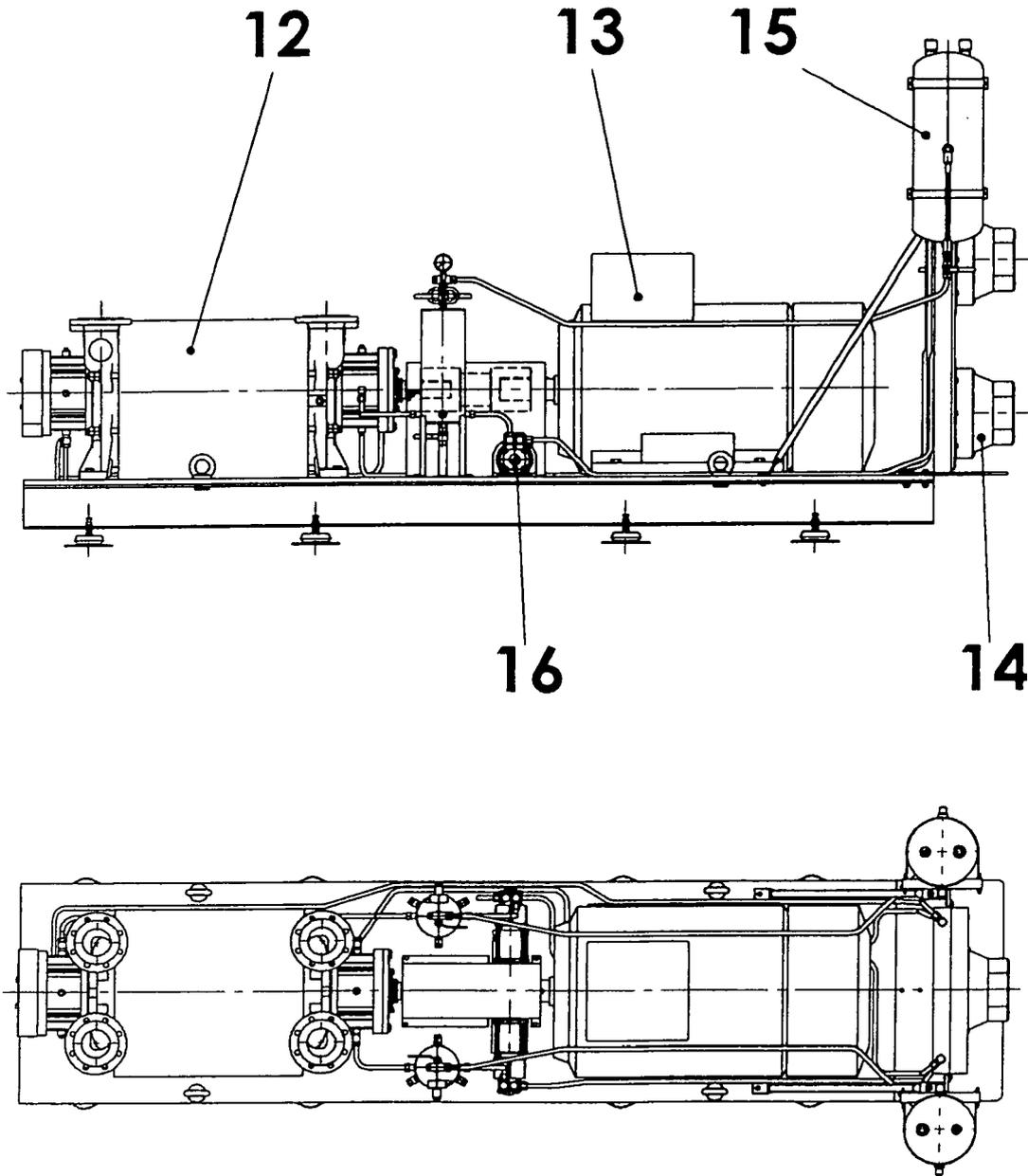
11

Schlammreaktorpumpe  
RM30  
Nenn Drehzahl 1450 min

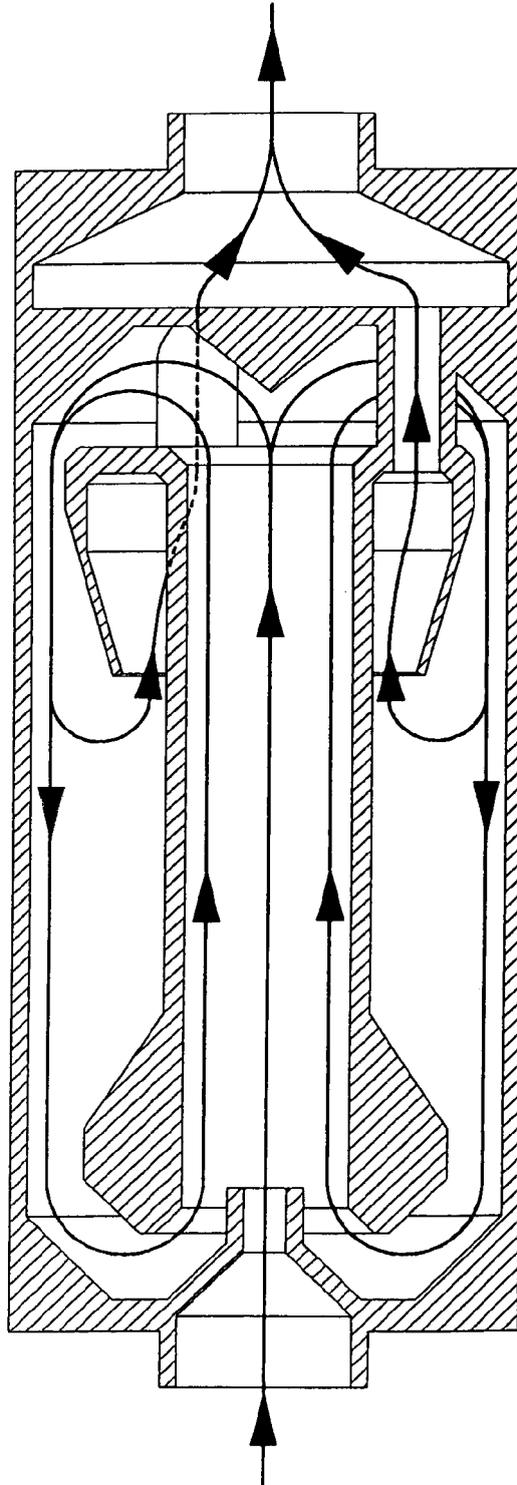
# Figur7



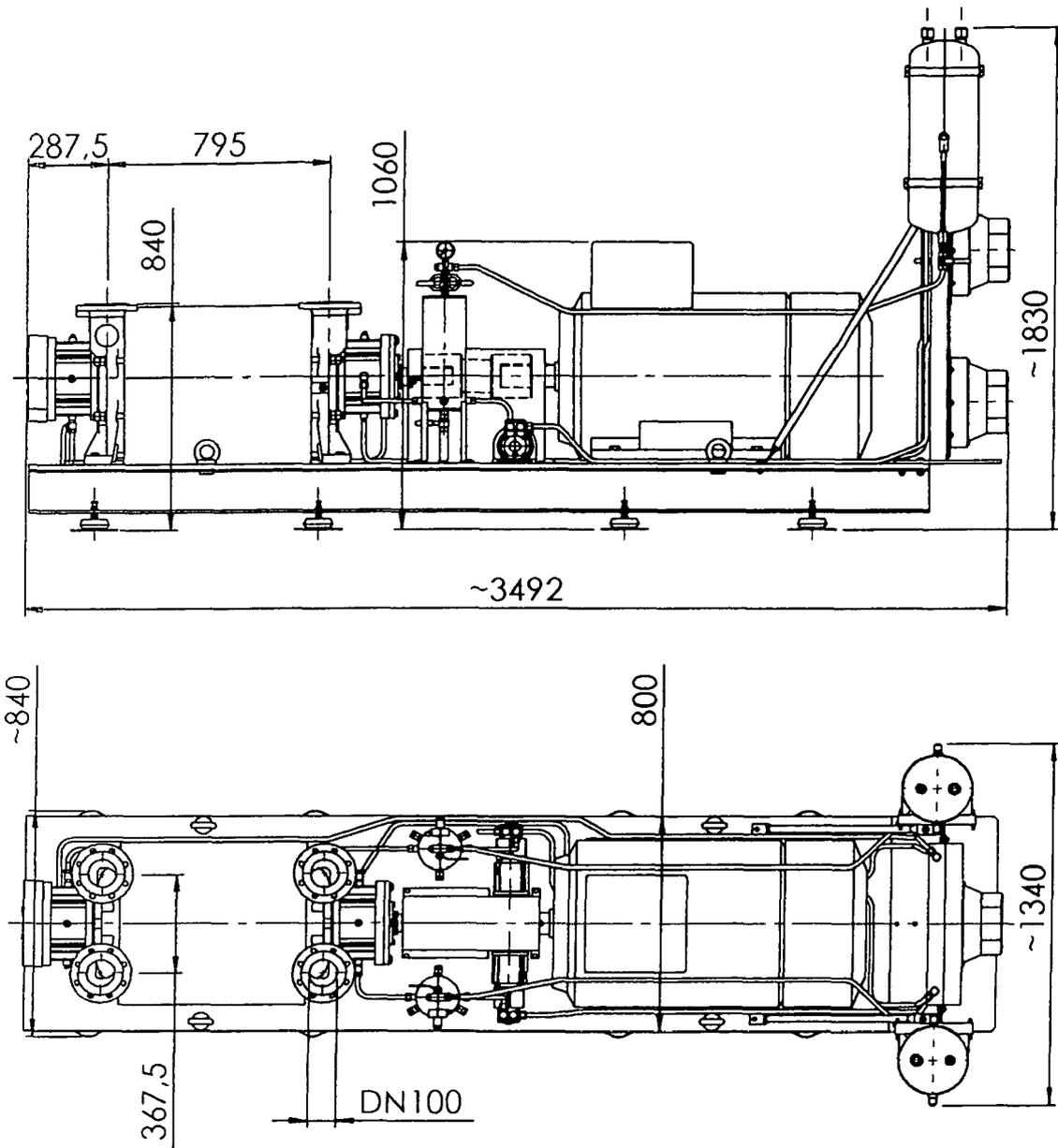
# Figur 8



# Figur 9



# Figur 10



**Schlammreaktorpumpe RM120**  
**Flanschanschlussmaße nach DIN2501 PN10**  
**Motor BG315 L (AC)**  
**Nenn Drehzahl 1450 min<sup>-1</sup>**