

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 516 921 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92102519.3**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **B01F 3/04**

(22) Anmeldetag: **14.02.92**

(30) Priorität: **03.06.91 DE 9106768 U**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**09.12.92 Patentblatt 92/50**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB IT LI LU NL SE**

(71) Anmelder: **Stelzer Rührtechnik GmbH**  
**Speckgraben 20**  
**W-3530 Warburg(DE)**

(72) Erfinder: **Langer, Gert, Dr.-Ing.**  
**Am Haarstrang 7**  
**W-5758 Fröndenberg(DE)**  
Erfinder: **Werner, Udo, Prof.Dr.-Ing.**  
**Halterner Strasse 67**  
**W-4350 Recklinghausen(DE)**

(74) Vertreter: **Laufhütte, Dieter, Dipl.-Ing., Dr.-Ing.**  
**Lorenz-Seidler-Gossel et al**  
**Widenmayerstrasse 23**  
**W-8000 München 22(DE)**

(54) **Begasungsrührer.**

(57) Die Erfindung betrifft einen Begasungsrührer mit einer drehbaren Hohlwelle (12) und mindestens einem an dieser angeordneten hohlen Rührorgan (14) wobei dessen Hohlraum mit der Hohlwelle in Verbindung steht und zur zu begasenden Flüssigkeit hin Öffnungen (18,20) aufweist. Zur Lösung der Aufgabe, einen derartigen Begasungsrührer derart weiterzubilden, daß einerseits die Effektivität der Begasung von Flüssigkeiten und damit die Verbesserung des Stoffaustausches erreicht wird, wobei andererseits ein möglichst einfacher konstruktiver Aufbau gewährleistet sein soll, weist das Rührorgan mindestens ein eine Strömung induzierendes Blatt (22) auf. Darüber hinaus sind die Öffnungen im Bereich der von innen nach außen gerichteten Ablaufströmung angeordnet.

EP 0 516 921 A1

Die Erfindung betrifft einen Begasungsrührer mit einer drehbaren Hohlwelle und mindestens einem daran angeordneten hohlen Rührorgan, wobei dessen Hohlraum mit der Hohlwelle in Verbindung steht und zur zu begasenden Flüssigkeit hin Öffnungen aufweist.

Derartige Rührer sind im allgemeinen bereits als Hohlrührer bekannt. Die Rührorgane derartiger Hohlrührer sind als Rohrrührer bzw. Dreikantrührer ausgeführt (vgl. F. Kneule, Rühren, Praxis der Verfahrenstechnik, Band 1, Deutsche Gesellschaft für technisches Apparatewesen, Frankfurt/Main, 1986, S. 76, 77). Rohrrührer bestehen aus radial von der drehbaren Hohlwelle abstehenden hohlen Rohrstücken, während der Dreikantrührer aus einer hohlen Dreieckscheibe besteht, an deren Ecken entsprechende Öffnungen zum Austritt des Gases vorgesehen sind. Diese Hohlrührer sind selbstbegasende Rührorgane, d.h. daß sie infolge der durch die Rührerrotation entstehende Sogwirkung aus dem Raum über der Flüssigkeit Gas ansaugen und in der Flüssigkeit verteilen. Sie werden insbesondere in niedrigviskosen Flüssigkeiten für den Fall eingesetzt, daß der von ihnen bewirkte Gasdurchsatz für eine gewünschte Reaktion ausreicht. Zum anderen setzt die Begasung erst bei Überschreiten einer Mindestdrehzahl ein. Diese ist dann erreicht, wenn der in den Rühreröffnungen sich aufgrund der Rotationsgeschwindigkeit des Rührers einstellende Geschwindigkeitsdruck den hydrostatischen Druck überwindet. Die Effizienz der Selbstbegasung nach dieser vorbekannten Methode wird im wesentlichen einerseits durch den steigenden hydrostatischen Druck (Füllhöhe) und andererseits durch steigende Viskosität der Flüssigkeit beeinträchtigt. Hierdurch bedingt lassen sich derartige Begasungsrührer im allgemeinen beispielsweise in Fermentern nicht einsetzen.

Eine weitere Möglichkeit der Selbstbegasung besteht darin, die Drehzahl eines konventionellen Rührorgans soweit zu erhöhen, daß sich von der Oberfläche des zu rührenden Fluids bis zum Rührorgan eine Trombe ausbildet. Eine derartige sogenannte Trombenbegasung scheidet jedoch in zahlreichen Anwendungsfällen aus verfahrenstechnischen Gründen aus. Darüber hinaus ist diese bei Einsatz von hochviskosen Flüssigkeiten auch nicht realisierbar.

Im Vergleich zur Selbstbegasung lassen sich größere Gasmengen nach dem Prinzip der Zwangsbegasung dispergieren. Bei der Zwangsbegasung wird dem Rührorgan fremdverdichtetes Gas insbesondere von unten her mit Hilfe statischer Gasverteiler zugeführt. Als statische Gasverteiler werden üblicherweise einfache, nach oben offene Rohre, Ein- bzw. Mehringbrausen oder auch poröse Platten eingesetzt. Das auf diese Weise zugeführte Gas wird hauptsächlich mit radial

wirkenden Rührorganen dispergiert. Das Gas gelangt dabei zu einem Großteil in die Sogströmung des Rührorgans und wird insbesondere in der von den Rührerblättern oder Rührerarmen erzeugten turbulenten Nachlaufströmung (Wirbelschleppen) zerteilt.

Bei der Zwangsbegasung läßt sich im Unterschied zur Selbstbegasung der Gasdurchsatz unabhängig von der Rührleistung bzw. der Rührerdrehzahl variieren. Zum anderen kann mittels Zwangsbegasung Gas auch bei höherer Flüssigkeitsviskosität dispergiert werden. Nachteilig wirkt sich jedoch bei der bekannten Zwangsbegasung mittels Lanzen oder Ein- bzw. Mehringbrausen das sich in niedrigviskosen Flüssigkeiten bildende breite Blasenspektrum aus. Das bedeutet, daß die erzeugten Gasblasen sehr unterschiedliche Durchmesser aufweisen. So bilden sich im Nachlaufgebiet der Rührerblätter Großblasen, die sehr schnell aus der Flüssigkeit entweichen und damit nur einen geringeren Beitrag zu einem unter Umständen gewünschten Stoffaustausch zwischen Gas und Flüssigkeit liefern. Der in höherviskosen Flüssigkeiten entstehende Feinblasenanteil ist andererseits aufgrund seiner sehr hohen Verweilzeiten häufig sehr schnell von der Wertstoffkomponente, die übertragen werden soll, entreichert, so daß er für den Rest der Verweilzeit nur ein nicht nutzbares Totvolumen darstellt. Ein weiterer Nachteil dieses Standes der Technik besteht darin, daß der zugeführte Gasvolumenstrom bei gegebener Drehzahl der Rührorgane durch den sogenannten Überflutungspunkt des Rührorgans begrenzt ist. Bei dem Betriebszustand der Überflutung wird das Rührorgan praktisch vollständig vom Gas umspült. Eine Steigerung des Gasdurchsatzes über diesen Überflutungspunkt hinaus führt zur Abnahme der spezifischen Grenzfläche zwischen dem Gas und der Flüssigkeit und zu einem insgesamt ungünstigen und ungenügenden Strömungszustand im Rührbehälter, so daß der Stoffübergang negativ beeinträchtigt wird. Dadurch ist der Betriebsbereich der üblichen Begasungsrührer durch den Überflutungspunkt begrenzt.

Insbesondere zur Verbesserung der Zwangsbegasung hochviskoser Flüssigkeiten wurde in neuerer Zeit ein Begasungssystem entwickelt, bei dem die Gasdispersion und die Flüssigkeitsumwälzung von unterschiedlichen Organen übernommen wurde (F. Kneule, a.a.O. S. 79-81). Bei diesem System wird das Gas durch eine Hohlwelle einem rotierenden Düsenkranz zugeführt, wobei radial an diesem angeordnete Kapillaren dafür sorgen, daß im Flüssigkeitsscherfeld Blasen mit einheitlichen Größenspektrum erzeugt werden. Für die Umwälzung und Verteilung dieser Blasen im Reaktorvolumen sorgen konventionelle Rührorgane, die auf einer zweiten Welle montiert sind. Der wesentliche Nachteil dieser Anordnung liegt in dem aufwendi-

gen Aufbau, da hier zwei konzentrisch gelagerte Wellen benötigt werden, die in der Regel mit zwei verschiedenen Drehzahlen angetrieben werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Begasungsrührer der eingangs angegebenen Art an die Hand zu geben, mit dem einerseits die Effektivität der Begasung von Flüssigkeiten und damit eine Verbesserung des Stoffaustausches erreicht wird, wobei andererseits ein möglichst einfacher konstruktiver Aufbau gewährleistet sein soll.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß das Rührorgan mindestens ein eine Strömung induzierendes Blatt aufweist und daß die Öffnungen im Bereich der von innen nach außen gerichteten Ablaufströmung angeordnet sind. Ein wesentliches Merkmal dieser Erfindung besteht darin, daß das unter Überdruck stehende Gas durch Hohlräume in diesen Rührorganen bis zu geeigneten, an der Peripherie angeordneten Öffnungen strömt und hier in Form von Blasen dispergiert wird. Entscheidend ist es, daß sich die Bildung der Blasen an diesen Öffnungen, die bevorzugt als kreisrunde Bohrungen oder als enge Schlitzte ausgebildet sein können, unter der Wirkung der vom Rührorgan - also von innen nach außen - abströmenden Flüssigkeit vollzieht, wodurch kleinere Blasen als bei der Blasenbildung in ruhender Flüssigkeit entstehen. Von wesentlicher Bedeutung ist es ferner, daß diese Öffnungen beim Rührorgan so angeordnet sind, daß die gebildeten Blasen mit der von innen nach außen gerichteten Ablaufströmung vom Rührorgan wegtransportiert und dann großräumig in dem zu begasenden Flüssigkeitsvolumen verteilt werden. Um dies zu gewährleisten, müssen die Öffnungen außerhalb der erfindungsgemäß zusätzlich vorgesehenen Blätter, d.h. Rührerblätter oder Rührerschaukeln, angeordnet sein. Durch diese Anordnung wird erfindungsgemäß vermieden, daß die gebildeten Blasen in das Unterdruckgebiet hinter den Blättern gelangen können und dort, insbesondere bei hochviskosen Medien, zu den unerwünschten Gaspolstern führen. Durch den unmittelbaren Abtransport der gebildeten Blasen vom Rührer weg, wird vermieden, daß - wie bei der konventionellen Begasung - das Rührorgan bei hohen Gasdurchsätzen soweit mit Gas umspült wird, daß es zur Überflutung des Rührorgans kommt. Die Gefahr der Überflutung tritt, wenn überhaupt, erst bei wesentlich größeren Gasdurchsätzen als bei konventioneller Begasung auf, da nur noch ein Teil des insgesamt dispergierten Gases mit der Umlauf- bzw. Ansaugströmung in die Nähe des Rührorgans gelangt und sich damit entsprechend weniger Gas in den Unterdruckgebieten hinter den Blättern des Rührorgans ansammeln kann.

Das Gas kann einerseits durch Zwangsbegasung und andererseits auch durch Selbstbegasung

mit dem erfindungsgemäßen Begasungsrührer in die Flüssigkeit eingebracht werden.

Mittels des erfindungsgemäßen Begasungsrührers wird also der Überflutungspunkt bei gleicher Drehzahl des Rührers zu höheren Gasdurchsätzen verschoben, d.h., es kann wesentlich mehr Gas im Reaktorvolumen dispergiert werden als bei konventionellen, beispielsweise radial wirkenden, Rührorganen. Dadurch, daß die Blasen unter der Wirkung des radialen bzw. tangentialen Scherfeldes der vom Rührorgan abströmenden Flüssigkeit erzeugt werden, entstehen sowohl kleinere als auch im Durchmesser weniger stark variierende Blasen. Infolge der hierdurch vergrößerten spezifischen Grenzfläche ergibt sich eine erhebliche Steigerung des Stoffaustausches zwischen der dispers verteilten Gasphase und der Flüssigkeit. Eine deutliche Verbesserung des sogenannten volumetrischen Transportkoeffizienten  $k_1 \cdot a$ , der ein Maß für die Intensität des Stoffübergangs darstellt, läßt sich mit der neuen Methode im Vergleich zu den konventionellen Begasungsverfahren insbesondere bei höherviskosen newtonschen und nicht zuletzt höherviskosen strukturviskosen, nicht-newtonschen Flüssigkeiten erzielen. Dies gelingt ebenso für die Begasung nicht koalischer Flüssigkeiten, in denen die mit dem neuen Verfahren erzeugten kleineren Primärblasen im wesentlichen stabil dispergiert bleiben und dann für den Stoffaustausch eine entsprechend große Austauschfläche zur Verfügung steht.

Gemäß einer zweckmäßigen Ausführungsform werden die Gasaustrittsöffnungen außenliegend in einer kreisrunden Scheibe oben und/oder unten in der erforderlichen Größe (z.B. Durchmesser der Bohrung) angebracht. Das Gas wird durch die Hohlwelle und durch geeignete Hohlräume in dieser Scheibe zu diesen Öffnungen geleitet. Die Scheibe kann an der Oberseite und/oder Unterseite mit in radialer Richtung zeigenden geraden oder gekrümmten Blättern bestückt sein. Damit ähnelt dieses Rührorgan einer Rushton-Turbine. Jedoch dürfen bei dem erfindungsgemäßen Begasungsrührer die Blätter nicht bis zum Radius der kreisrunden Scheiben heranreichen, auf dem sich die Öffnungen (Bohrungen oder Schlitzte) befinden. Aufgrund dieser Anordnung der Bohrungen wird die Scherwirkung der von innen nach außen gerichteten Grenzschichtströmung zwischen den Blättern sowohl der von oben als auch von unten vom Rührorgan erzeugten Umlaufströmung optimal zur Erzeugung kleiner Blasen und damit zur Schaffung größerer Grenzflächen zwischen Gas und Flüssigkeit ausgenutzt. Darüber hinaus wird gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung auch die Stirnseite der Scheibe zusätzlich mit Bohrungen versehen, um erforderlichenfalls noch mehr Gas dispergieren zu können. Auch diese, an der Stirn-

fläche gebildeten Blasen, unterliegen einer Scherwirkung, die hierbei durch das tangentielle Scherfeld zwischen dem rotierenden Rührorgan und der in Rotation versetzten Flüssigkeit ausgeübt wird.

In konstruktiver Hinsicht weist der Begasungsrührer den Vorteil auf, daß nur eine Hohlwelle benötigt wird. An dieser Hohlwelle können nach Bedarf mehrere Begasungsorgane der beschriebenen Art angebracht werden, wenn dies zum Beispiel in schlanken Rührreaktoren zur Aufrechterhaltung eines gleichmäßig und gut durchmischten Flüssigkeitsvolumens notwendig ist.

Von Vorteil ist es ferner, daß die geometrische Form von bislang bekannten und üblichen Begasungsrührern im wesentlichen beibehalten werden kann, und insofern bewährte Gestaltungselemente bei der konstruktiven Ausführung der neuen Begasungssysteme übernommen werden.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Diskussion der anhand der Figuren 1-3 erläuterten Ausführungsbeispiele. Es zeigen:

- Fig. 1: eine perspektivische Ansicht eines teilweise dargestellten Begasungsrührers gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 2: einen Schnitt durch den Begasungsrührer gemäß der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform und
- Fig. 3: eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Begasungsrührers.

Die Figuren 1 und 2 zeigen eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Begasungsrührers 10. An eine hier geschnitten dargestellte Hohlwelle 12 schließt zentrisch ein Rührorgan 14 an. Das Rührorgan 14 besteht im wesentlichen aus einer Scheibe mit einem entsprechenden Hohlraum 16, welcher mit der Hohlwelle 12 in Verbindung steht. Auf der Scheibe sind 8 Blätter 22 sternförmig radial angeordnet, wobei, wie der Fig. 2 zu entnehmen ist, die Blätter 22 in diesen Ausführungsformen auf beiden Seiten der Scheibe angeordnet sind. Am äußeren Radius der kreisförmigen Hohlwelle 14 sind an der Ober- und Unterseite der Scheibe entsprechende hier als Bohrungen ausgeführte Öffnungen 18 angeordnet, durch die das in der Hohlwelle entlang der Pfeilrichtung gemäß Fig. 2 einströmende und durch die Hohlwelle weiterströmende Gas an die Flüssigkeit abgegeben wird.

Wichtig ist es, daß die Blätter 22 nicht in den äußeren Radius der Scheibe 14, in welchem die Öffnungen 18 angeordnet sind, hineinragt. Hierdurch ist gewährleistet, daß die durch die Blätter 22 verdrängte und radial entlang der Scheibe nach außen strömende Fluidströmung die Blasen unmittelbar an den Öffnungen 18 abschert und in Ab-

strömrichtung mit nach außen transportiert.

Gemäß der hier diskutierten Ausführungsform sind auch am äußeren Rand der Hohlwelle Öffnungen 20 vorgesehen. Dort erfolgt ein Abscheren der Blasen aufgrund der Tangentialströmungskomponente der das Rührorgan 14 umströmenden Fluidströmung.

Eine Variation des zuvor diskutierten Rührorgans ist in Fig. 3 dargestellt. Dieses unterscheidet sich im wesentlichen dadurch, daß es anstatt der gerade ausgerichteten Blätter 22 in sich gekrümmte Blätter 22, wie sie der Fig. 3 zu entnehmen sind, aufweist.

Die hier dargestellten Rührorganformen bilden nur vorteilhafte Ausgestaltungen im Rahmen des Erfindungsgedankens. Eine andere Ausgestaltung kann beispielsweise darin bestehen, daß ähnlich dem Hohlrührer entsprechende strahlenförmig von der Hohlwelle abgehende Kurzrohrstücke angeordnet sind, auf denen im inneren Bereich entsprechende Blätter senkrecht stehend oder auch angeschrägt angeschweißt sind, über welche die Enden der kurzen Rohrstücke hinausreichen. Bei Senkrechtstellen der Blätter handelt es sich um einen gemäß dieser Erfindung abgewandelten Blattrührer. Bei schräg angestellten Blättern handelt es sich um einen gemäß der Erfindung abgewandelten Schrägblattrührer.

## Patentansprüche

1. Begasungsrührer mit einer drehbaren Hohlwelle und mindestens einem an dieser angeordneten hohlen Rührorgan, wobei dessen Hohlraum mit der Hohlwelle in Verbindung steht und zur zu begasenden Flüssigkeit hin Öffnungen aufweist,

### dadurch gekennzeichnet,

daß das Rührorgan (14) mindestens ein eine Strömung induzierendes Blatt (22) aufweist und daß die Öffnungen (18; 20) im Bereich der von innen nach außen gerichteten Ablaufströmung angeordnet sind.

2. Begasungsrührer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Rührorgan (14) aus einer Hohlwelle besteht, an deren äußeren Radius die Öffnungen (18; 20) angeordnet sind und daß auf dieser über den Umfang verteilt senkrecht zu der Scheibe stehende strahlenförmig nach außen gerichtete Blätter (22) angeordnet sind, die nicht bis zu dem Radius der Hohlwelle reichen, in welchem die Öffnungen (18; 20) angeordnet sind.
3. Begasungsrührer nach Anspruch 2, dadurch

gekennzeichnet, daß die Blätter (22) oberhalb und unterhalb der Hohl Scheibe angeordnet sind.

4. Begasungsrührer nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Blätter (22) in radialer Richtung der Hohl Scheibe gerade ausgebildet sind. 5
5. Begasungsrührer nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Blätter (22) in radialer Richtung in sich gekrümmt sind. 10
6. Begasungsrührer nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungen (18; 20) als kreisrunde Löcher oder enge Schlitze ausgebildet sind. 15
7. Begasungsrührer nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Rührorgane (14) auf einer Hohlwelle (12) angeordnet sind. 20

25

30

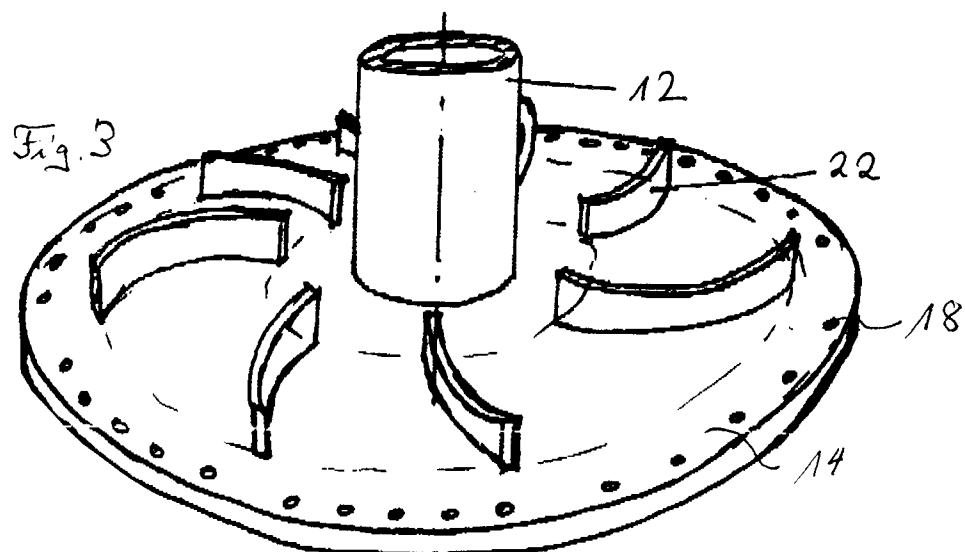
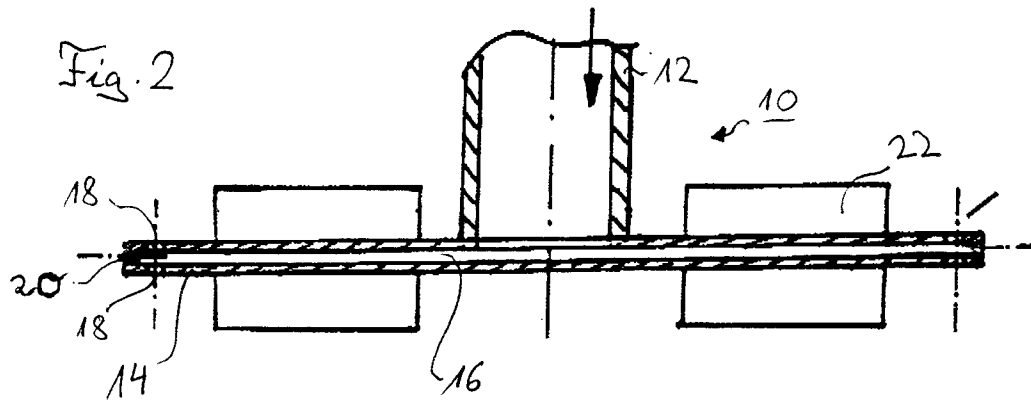
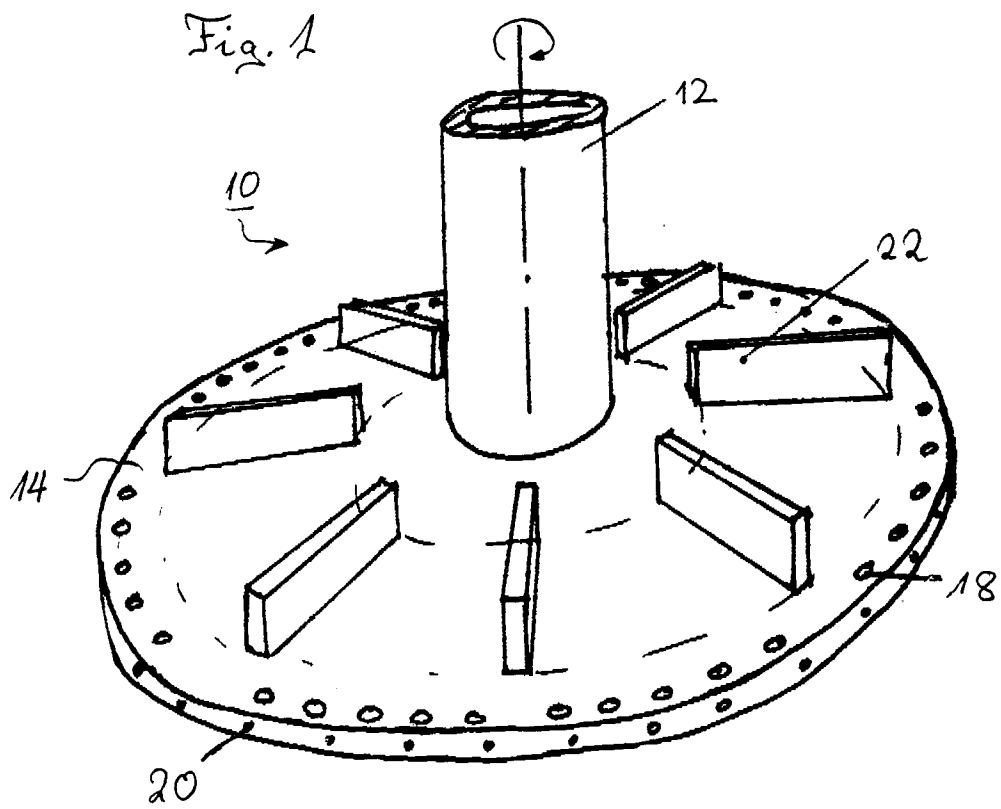
35

40

45

50

55





Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 10 2519

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	DE-A-2 544 204 (BAYER) ---	1-7	B01F3/04
A	DE-C-900 087 (SINNER) ---	2	
A	DE-B-2 005 593 (BAMAG) ---	5	
A	EP-A-0 364 678 (HUTEC) ---	7	
A	DE-B-1 189 952 (BASF) ---	-	
A	US-A-3 650 513 (WERNER) -----	-	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			B01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 25 JUNI 1992	Prüfer PEETERS S.
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b>			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	