

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 588 152 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93113970.3**

(51) Int. Cl.⁵: **F26B 17/20**

(22) Anmeldetag: **01.09.93**

(30) Priorität: **14.09.92 DE 4230679**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.03.94 Patentblatt 94/12

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT NL

(71) Anmelder: **BAYER AG**

D-51368 Leverkusen(DE)

(72) Erfinder: **Casper, Clemens, Dr.**
Giesenweg 76

D47809 Krefeld(DE)

Erfinder: **Heidemann, Wilfried, Dipl.-Ing.**
Breslauer Strasse 1

D-40764 Langenfeld(DE)

Erfinder: **Henkel, Hanno, Dr.**

Bodelschwinghstrasse 21

D-47800 Krefeld(DE)

Erfinder: **Weinschenck, Jörgen, Dipl.-Ing.**
Horstdyck 59c

D-47803 Krefeld(DE)

(54) Verfahren zur kontinuierlichen Klärschlamm-trocknung.

(57) Bei dem Verfahren zur thermischen Trocknung von Klärschlämmen wird ein vorher mechanisch auf 15 Gew.-% bis 30 Gew.-% entwässerter Klärschlamm in einem einzigen Durchlauf ohne Teilrückführung von getrocknetem Gut kontinuierlich durch einen selbstreinigenden Paddelschnecken-trockner (11) mit gegensinnig rotierenden Wellen (2, 3) bei einer Drehzahl von 100 min⁻¹ bis 600 min⁻¹ gefördert. Die Wellen (2, 3) des Trockners sind derart mit Paddelelementen (7) bestückt, daß in axialer Richtung ein Mahlspace von 1 mm bis 10 mm gebildet wird, indem der Klärschlamm zerrissen und die Kapillarzellen aufgebrochen werden. Außerdem wird die Trocknerleistung und die Verweilzeit im Paddelschnecken-trockner (11) bei einer Heizmitteltemperatur von 200 °C bis 300 °C so eingestellt, daß der Klärschlamm zu einem rieselfähigen Granulat mit mindestens 50 Gew.-%, vorzugsweise mit 80 Gew.-% bis 95 Gew.-%, Trockensubstanz aufkonzentriert wird.

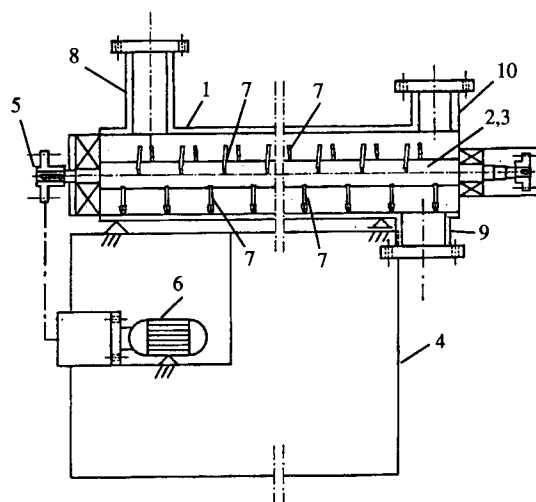


Fig. 1

EP 0 588 152 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur thermischen Trocknung von Klärschlämmen unter Verwendung eines Trockners mit rotierenden Einbauten. In der Literatur wird eine große Anzahl von Vorrichtungen und Verfahren für die Klärschlamm-trocknung beschrieben. Eine Übersicht findet sich z.B. in dem Artikel von Prof. U. Möller, Abwassertechnik, Heft 1, Seiten 12-18, 1991. Kontinuierliche Verfahren werden vorwiegend in Drehrohtrocknern, Schneckenmaschinen, Scheibentrocknern oder Dünnschichttrocknern durchgeführt. Während der Trocknung durchläuft der Klärschlamm im Bereich von 40 bis 60 Gew.-% Feststoff eine klebrig viskose Phase, die auch als Leimphase bezeichnet wird. In dieser Leimphase neigt das Produkt zu Anbackungen und Klumpenbildung, so daß die Trocknung erschwert wird und kritische Betriebszustände auftreten können. Aus diesem Grund wird üblicherweise ein Teil des getrockneten Feststoffes am Ende des Trockners abgezweigt, zurückgeführt und mit der ankommenden Klärschlammpaste vermischt, so daß der Feststoffgehalt im Trocknungsapparat immer oberhalb der kritischen Zusammensetzung der Leimphase liegt. Ein weiteres Problem besteht darin, daß die Wasserverdampfung im Klärschlamm aufgrund der geschlossenen Zellen der Biomasse behindert wird. Zur Entfernung des gebundenen Wassers müssen daher die Zellen erst aufgebrochen werden.

Ausgehend von dieser Problemstellung liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein kontinuierlich arbeitendes Verfahren zur thermischen Klärschlamm-trocknung zu entwickeln, das ohne Verschlechterung der Energiebilanz eine Reduzierung des apparativen Aufwandes zuläßt (niedrigere Investitionskosten).

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein mechanisch auf 15 bis 30 Gew.-% entwässerter Klärschlamm in einem einzigen Durchlauf kontinuierlich durch einen selbstreinigenden Paddelschneckentrockner mit gegensinnig rotierenden Wellen bei einer Drehzahl von 100 bis 600 min⁻¹ gefördert wird, bei dem die Wellen derart mit Paddelelementen mit einem Anstellwinkel von 5° bis 20° bestückt sind, daß in axialer Richtung ein Mahlpalt von 1 bis 10 mm gebildet wird, in dem der Klärschlamm zerrissen und die Kapillarzellen aufgebrochen werden, und daß die Trocknerleistung und die Verweilzeit im Paddelschneckentrockner bei einer Heizmitteltemperatur von 200 bis 300 °C so eingestellt werden, daß der Klärschlamm zu einem rieselfähigen Granulat mit mindestens 50 Gew.-%, vorzugsweise 80 bis 95 Gew.-%, Trockensubstanz aufkonzentriert wird.

Vorzugsweise wird die Drehzahl auf einen Wert im Bereich von 300 bis 400 min⁻¹ eingestellt.

Zur Erhöhung der Trockenleistung mittels konvektiver Trocknung kann dem Paddelschnecken-

trockner zusätzlich ein beheiztes Inertgas oder Heißdampf zugeführt werden.

Weiterhin kann die Trocknung in bekannter Weise dadurch verbessert werden, daß im Paddelschneckentrockner ein Vakuum von 50 bis 500 mbar aufrechterhalten wird. Das Vakuum hat auch den Vorteil, daß die Zellstrukturen der Biomasse leichter aufbrechen und das gebundene Wasser besser verdampfen kann.

Eine Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß ein auf 15 bis 20 Gew.-% entwässerter Klärschlamm zuerst in einem gewendelten Strömungsrohr bei gleichzeitiger Einspeisung von heißem Inertgas oder -dampf auf 25 bis 30 Gew.-% aufkonzentriert wird und der aufkonzentrierte Klärschlamm anschließend im nachgeschalteten Paddelschneckentrockner auf die gewünschte Endkonzentration gebracht wird.

Mit der Erfindung werden folgende Vorteile gegenüber den konventionellen Klärschlamm-trocknungsverfahren erzielt:

- Es handelt sich um ein reines kontinuierliches Durchlaufverfahren. Eine Rückführung von getrocknetem Feststoff zur Verbesserung der Rieselfähigkeit und zur Vermeidung der kritischen Leimphase ist nicht erforderlich.
- Die Paddelschnecke granuliert die Klärschlammklumpen. Schaumbildung und Anbackungen werden vermieden.
- Aufgrund der hohen mechanischen Beanspruchung in den relativ schmalen Scherspalt (Zerreißen und Mahlen) im vorderen Teil der Paddelschnecke und durch die Verwirbelung im offenen Kanal der Paddelschnecke wird ein sehr guter Wärmeübergang zwischen dem Heizmantel der Paddelschnecke und dem noch in der Leimphase befindlichen Klärschlamm erreicht. Im Mahlpalt werden auch die Kapillarzellen im Klärschlamm zerstört bzw. aufgebrochen und damit die Wasserverdampfung weiter verbessert.
- Das Verfahren kann mit Hilfe verschiedener Verfahrensparameter, z.B. Vakuum, Inertgas/Heißdampf, an verschiedenartige Aufgaben angepaßt werden (flexible Handhabung).
- Die zur Durchführung des Verfahrens erforderlichen Apparaturen sind relativ preiswert, so daß nur relativ niedrige Investitionskosten anfallen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen zweiwelligen Paddelschneckentrockner,
- Fig. 2 einen Querschnitt durch den Paddelschneckentrockner gemäß Fig. 1 und
- Fig. 3 ein Verfahrensschema, bei dem dem Paddelschneckentrockner ein gewen-

deltes Strömungsrohr zur Vorkonzentrierung vorgeschaltet ist.

Gemäß den Fig. 1 und 2 besteht der Paddelschneckentrockner aus einem Gehäuse 1, in dem zwei gegensinnig rotierende Wellen 2 und 3 gelagert sind. Der Paddelschneckentrockner steht auf einem Sockel 4 und wird über ein Getriebe 5 von einem Motor 6 angetrieben. An den Wellen 2 und 3 sind über den Umfang und die Länge gleichmäßig verteilt, senkrecht zur Achse Paddeln 7 so dicht hintereinander angeordnet, daß dazwischen nur ein enger Mahlpalt s von wenigen Millimetern (1 bis 10 mm) verbleibt. Die Paddelflächen sind dabei nicht parallel zu der zur Achse senkrechten Ebene (normalen Ebene) orientiert, sondern sind ähnlich wie Ventilatorflügel mit einem Anstellwinkel von 5° bis 20° aus der normalen Ebene herausgeschwenkt. Dadurch wird erreicht, daß die Paddelschnecke selbstfördernd ist. Die Paddel 7 schaben die Innenfläche des Gehäuses 1 und auch sich selbst gegenseitig ab, so daß Anbackungen von Produkt vermieden werden. Der Paddelschneckentrockner ist mit einem Heizmantel versehen (nicht gezeigt), der mit einem Temperiermedium beschickt wird.

Vor der Behandlung im Paddelschneckentrockner wird der Klärschlamm mit Hilfe mechanischer Methoden, z.B. mit einer Filterpresse, auf 15 bis 30 Gew.-% Feststoff entwässert. Der entwässerte Klärschlamm wird dem Paddelschneckentrockner durch den Eintragsstutzen 8 zugeführt. Der eintretende Klärschlamm wird von den Paddeln 7 zerrissen, im Paddelschneckenkanal herumgewirbelt und zum Kanalausgang weiter gefördert. Über den Heizmantel wird gleichzeitig die zur Verdampfung des Wassers erforderliche Wärme zugeführt. Während des Durchlaufens der kritischen Leimphase schaben die Paddeln 7 das klebrige Produkt laufend von den Wänden ab und reinigen sich gegenseitig. Im Mahlpalt s zwischen den Paddeln werden die Klärschlammfladen einer hohen Scherbeanspruchung unterzogen und dabei zermahlen. Es wurde gefunden, daß dieser Mahleffekt erst bei relativ hohen Drehzahlen von 100 bis 600 min^{-1} wirksam wird. Eine weitere Verbesserung der Leistungsfähigkeit kann erreicht werden, wenn man in der zweiten Hälfte der Paddelschnecke Stauscheiben anbringt oder die Paddeln einen negativen Anstellwinkel erhalten. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß die Granulierung des Klärschlammes schon in der ersten Hälfte der Paddelschnecke erfolgt. Bedingt durch die hohe Drehzahl und die Förderwirkung der Paddeln bewegt sich das Granulat dann schnell durch die zweite Hälfte des Apparates und hat nicht genügend Verweilzeit, bis auf den geforderten Wert abzutrocknen. Der Füllgrad der Schnecke geht in diesem Abschnitt gegen Null. Mit obengenannten Maßnahmen wird diesem

Effekt entgegengesteuert. Statt dieser Maßnahmen kann auch eine zweite Paddelschnecke mit anderer Drehzahl und anderer Neigung dahintergeschaltet werden, wobei die erste Schnecke die Vortrocknung (bis 50 Gew.-% Trockengut) und Granulierung, die zweite Schnecke die Nachtrocknung übernimmt. Als Nachtrockner kommt statt einer Paddelschnecke auch ein Fließbettrockner in Frage, der eine große Wärmeübergangsfläche besitzt.

Vorzugsweise wird der Paddelschneckentrockner mit einer Drehzahl im Bereich von 300 bis 400 min^{-1} betrieben. Die hohe Drehzahl sorgt auch dafür, daß das klebrige Produkt immer wieder von den Paddeln 7 mitgenommen wird und über den gesamten Kanalumfang an die beheizten Wände geschleudert wird, wodurch die Wärmeeintragung und damit die Trocknung verbessert wird. Der Mahleffekt bewirkt zusätzlich ein Aufbrechen der Klärschlammzellenstruktur, so daß auch das Kapillarwasser aus dem Klärschlamm entfernt werden kann. Am Ende des Kanals erhält man ein festes Granulat, das über den Stutzen 9 ausgetragen wird. Die entstehenden Brüden werden über den Stutzen 10 abgeführt.

Zusätzlich kann von einer konvektiven Trocknung Gebrauch gemacht werden. Zu diesem Zweck wird dem Eintragsstutzen 8 ein beheiztes Inertgas oder Heißdampf zugeführt, das den Trockner ebenfalls durch den Brüdenstutzen 10 wieder verläßt.

Das Verfahren kann auch bei vermindertem Druck (Vakuum) durchgeführt werden, was zu einer Verbesserung des Wirkungsgrades führt. Dabei wurde auch beobachtet, daß das Aufbrechen der Zellen im Klärschlamm erleichtert wird, was ebenfalls zur Erhöhung der Verdampfungsgeschwindigkeit beiträgt. Unter diesen Bedingungen kann auf die Zusp eisung von heißem Inertgas oder Heißdampf (konvektive Trocknung) verzichtet werden, was zu einer deutlichen Verbesserung der Energiebilanz führt. Ein Vakuum im Bereich von 50 bis 500 mbar wird mit Hilfe einer handelsüblichen, an den Paddelschneckentrockner angeschlossenen Vakuumpumpe erzeugt.

Gemäß einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens, die anhand von Fig. 3 beschrieben wird, wird ein auf 15 bis 20 Gew.-% mechanisch entwässelter Klärschlamm in einem dem Schneckentrockner 11 vorgeschalteten, gewendelten Strömungsrohr 12 thermisch auf 25 bis 30 Gew.-% aufkonzentriert. Dieser vorkonzentrierte Klärschlamm wird dann in den Paddelschneckentrockner 11 eingespeist und wie oben beschrieben zu dem fertigen Klärschlammgranulat mit einem Trockensubstanzgehalt von mindestens 50 Gew.-% getrocknet. Der Heizmantel 13 des Paddelschneckentrockners 11 ist mit Zu- und Abführungen 14, 15 für die Heizflüssigkeit versehen. Das gewendelte

Strömungsrohr 12 weist ebenfalls einen Heizmantel mit Zuführungen und Abführungen 16, 17 auf. Der mechanisch entwässerte Klärschlamm wird mittels einer Monopumpe 18 in das beheizte Strömungsrohr 12 gefördert. Gleichzeitig wird über die Zuführung 19 ein heißes Inertgas oder Heißdampf in das Strömungsrohr 12 eingespeist, so daß sich darin eine Ringströmung ausbildet. Die Wirkung des Inertgases bzw. des Heißdampfes besteht darin, den pastösen Klärschlamm durch das Strömungsrohr 12 zu treiben, die Wärmeeintragung über die Wand und über die Konvektion zu verbessern und das für die Ausdampfung wichtige Partialdruckgefälle zu erhöhen.

Der erhitze, aufkonzentrierte aber immer noch pastöse Klärschlamm gelangt anschließend zusammen mit dem Inertgas in den Paddelschnecken-trockner 11, in dem die Endtrocknung erfolgt. Die entstandenen Brüden und das Inertgas bzw. der Heißdampf werden durch die Brüdenaustragsleitung 10 einem Kondensator 20 zugeführt, in dem die kondensierbaren Teile niedergeschlagen werden. Das Kondensat wird im nachgeschalteten Abscheider 21 von der gasförmigen Phase abgetrennt und über die Ventile 22, 23 entnommen. Die gasförmigen Anteile werden über die Leitung 24 abgesaugt. Das Klärschlammgranulat mit dem gewünschten Trockensubstanzgehalt wird, wie zuvor beschrieben, am Austragsstutzen 9 des Paddelschnecken-trockners 11 entnommen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur thermischen Trocknung von Klärschlämmen, dadurch gekennzeichnet, daß ein vorher mechanisch auf 15 bis 30 Gew.-% entwässerter Klärschlamm in einem einzigen Durchlauf ohne Teilrückführung von getrocknetem Gut kontinuierlich durch einen selbstreinigenden Paddelschnecken-trockner (11) mit gegensinnig rotierenden Wellen (2, 3) bei einer Drehzahl von 100 bis 600 min⁻¹ gefördert wird, bei dem die Wellen (2, 3) derart mit Paddelelementen (7) bestückt sind, daß in axialer Richtung ein Mahlspace von 1 bis 10 mm gebildet wird, in dem der Klärschlamm zerrissen und die Kapillarzellen aufgebrochen werden, und daß die Trocknerleistung und die Verweilzeit im Paddelschnecken-trockner (11) bei einer Heizmitteltemperatur von 200 bis 300 °C so eingestellt werden, daß der Klärschlamm zu einem rieselfähigen Granulat mit mindestens 50 Gew.-%, vorzugsweise mit 80 bis 95 Gew.-%, Trockensubstanz aufkonzentriert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl in einem Bereich

von 300 bis 400 min⁻¹ eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich ein beheiztes Inertgas oder Heißdampf in den Paddelschnecken-trockner (11) eingespeist wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß im Paddelschnecken-trockner (11) ein Vakuum von 50 bis 500 mbar aufrechterhalten wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein auf 15 bis 20 Gew.-% entwässerter Klärschlamm zuerst in einem gewendelten Strömungsrohr (12) bei gleichzeitiger Einspeisung (19) von heißem Inertgas oder -dampf auf 25 bis 30 Gew.-% aufkonzentriert und der aufkonzentrierte Klärschlamm anschließend in den nachgeschalteten Paddelschnecken-trockner (11) überführt wird.

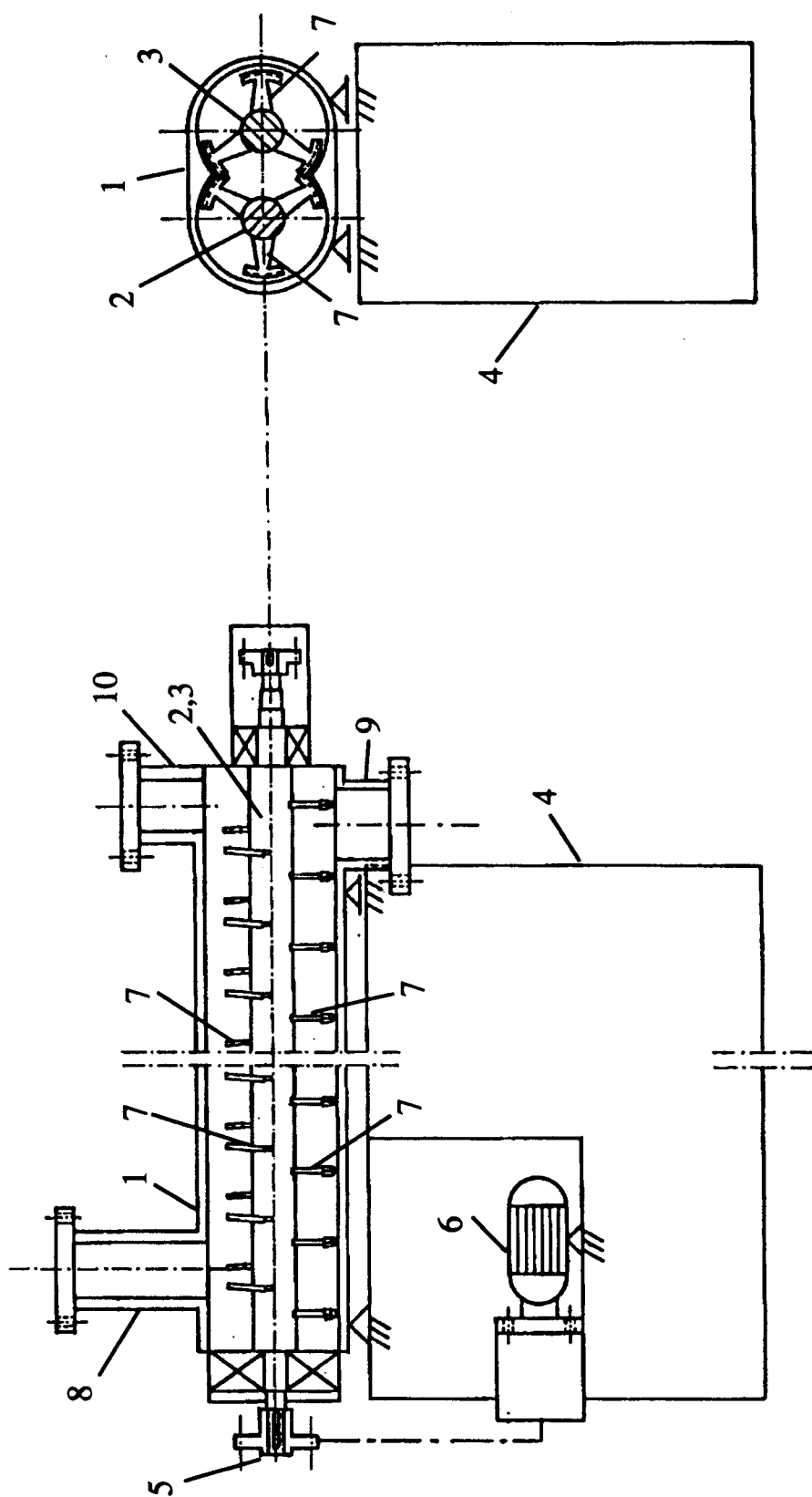


Fig. 2

Fig. 1

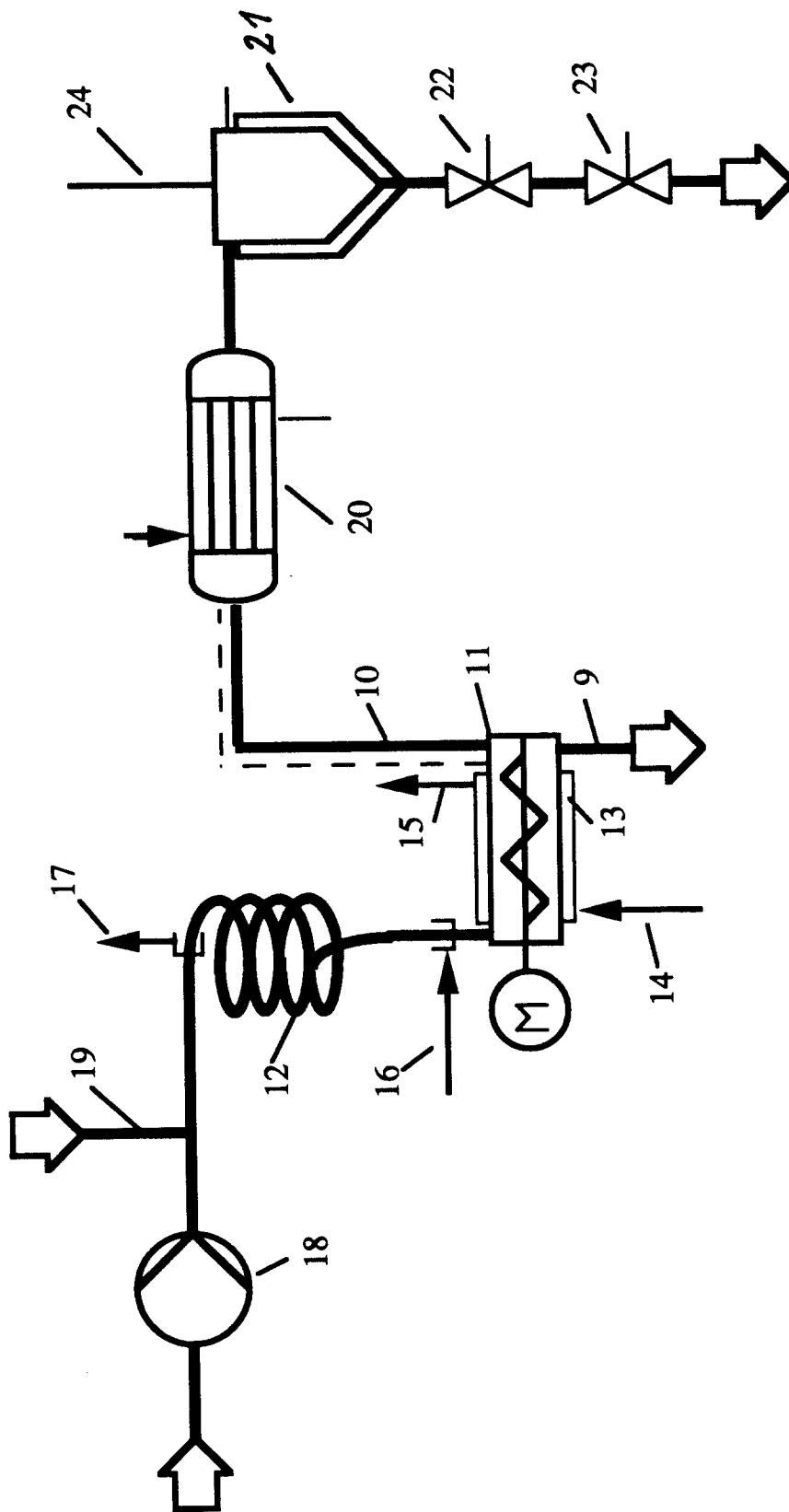


Fig. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 93 11 3970

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.5)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 115 (C-0696) 5. März 1990 & JP-A-01 315 397 (MITSUI ENG & SHIPBUILD CO LTD) 20. Dezember 1989 * Zusammenfassung * ---	1	F26B17/20
A	DE-A-20 58 291 (KUBO) * das ganze Dokument * ---	1	
A	EP-A-0 231 584 (KUBOTA LIMITED) * das ganze Dokument * ---	1	
A	US-A-2 636 284 (NAPIER) * das ganze Dokument * ---	1	
A	EP-A-0 474 890 (AICHER) * das ganze Dokument * ---	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, no. 115 (C-696)(4058) 5. März 1990 & JP-A-01 315 399 (TAKUMA CO LTD) 20. Dezember 1989 ---		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.5)
A	EP-A-0 396 852 (DEUTSCHE BABCOCK ANLAGEN AKTIENGESELLSCHAFT) -----		F26B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 19. November 1993	Prüfer SILVIS, H
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument I : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			