

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 640 383 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **94112222.8**

(51) Int. Cl.⁶: **B01F 9/00, B01F 15/00**

(22) Anmeldetag: **04.08.94**

(30) Priorität: **27.08.93 DE 4328825**
19.10.93 DE 4335612

D-83135 Schechen (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.03.95 Patentblatt 95/09

(72) Erfinder: **Heimbeck, Werner**
Hochfeld 15
D-83135 Schechen (DE)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH FR GB IT LI NL SE

(74) Vertreter: **Müller-Boré & Partner**
Patentanwälte
Isartorplatz 6
D-80331 München (DE)

(71) Anmelder: **Heimbeck, Werner**
Hochfeld 15

(54) **Verfahren zur Antriebssteuerung einer Mischvorrichtung und Mischvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.**

(57) Offenbart wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Antriebssteuerung einer Mischvorrichtung, die einen an einer Innenwelle (4) und Außenwelle (8) drehbar gelagerten Mischbehälter (2) aufweist, wobei Innenwelle (4) und Außenwelle (8) einen Winkel miteinander einschließen und voneinander ge-

trennt antreibbar sind, wobei die Drehrichtungen von Innenwelle (4) und Außenwelle (8) jeweils periodisch gewechselt werden, und wobei nach jedem Drehrichtungswechsel die jeweilige Welle mit einer vorbestimmten Drehzahl angetrieben wird.

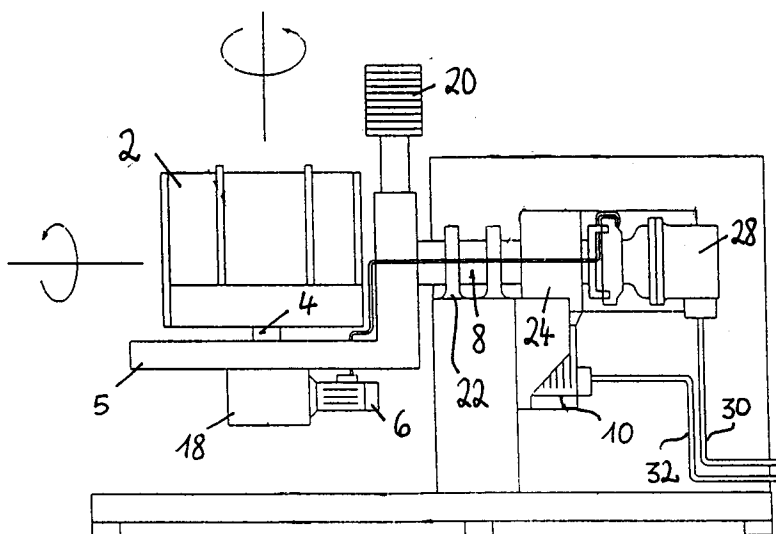


Fig. 1

EP 0 640 383 A1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Antriebssteuerung einer Mischvorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Mischvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 10.

Ein derartiges Verfahren und eine derartige Vorrichtung sind bereits grundsätzlich aus der WO 89/08495 A1 bekannt. Diese Druckschrift lehrt jedoch ein stochastisches Mischverfahren, bei dem die Antriebswellen in unregelmäßiger und nicht vorhersehbarer Weise angetrieben werden. Der Mischbehälter wird zufallsverteilt unregelmäßig um mehrere Achsen bewegt, wobei der Mischprozeß zufällig und nicht reproduzierbar ist. Aufgrund der Zufälligkeit der Mischbewegung ist es möglich, daß ein bestimmter Mischablauf für ein besonderes Mischproblem nachteilig ist oder sogar zu einer Entmischung führt. Für den Zweck eines gleichbleibend günstigen Mischergebnisses muß jedoch gewährleistet sein, daß bestimmte Mischprobleme durch denselben Bewegungsablauf gelöst und somit reproduzierbare Mischergebnisse erzielt werden.

Aus der DE-OS 20 22 259 ist bereits eine Vorrichtung in Form eines drehbaren Fasses bekannt, das um zwei zueinander senkrechte Achsen gedreht bzw. gekippt werden kann. Ferner ist aus der DE 24 08 204 A1 ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kühlen von fließfähigem Gut mittels einer kühlbaren und drehbaren Trommel bekannt, bei dem die Trommeldrehzahlen intervallmäßig einstellbar sind. Schließlich ist aus der DE 27 34 488 C2 eine Vorrichtung zum Homogenisieren von Flüssigkeiten bekannt, bei der im Abstand von einer Rotorachse auf dem Rotor ein Rohr zur Aufnahme von Flüssigkeit angeordnet ist, dem ein von dem Rotorantrieb unabhängiger Rohrantrieb zugeordnet ist.

Ferner sind bereits Freifallmischer bekannt, die sich um eine Rotationsachse bewegen und eine schüttelnde Bewegung vollführen. Hierbei entsteht eine Bewegung, die in ihrem Ablauf nicht beeinflußt werden kann. Unkontrollierte Bewegungen können bei Produkten, die sich in ihrer Dichte stark unterscheiden, Windsichtungen hervorrufen. Bei einfachen Drehbewegungen kann durch das Abrollen eine Entmischung auftreten.

Aufgrund der vorliegenden Erfindung ist es daher, das gattungsgemäße Verfahren zur Antriebssteuerung einer Mischvorrichtung und die zugehörige Mischvorrichtung derart weiterzubilden, daß eine schnellere und gleichmäßigere Durchmischung bei allen Mischvorgängen erzielt werden kann, wobei sich die Mischvorgänge exakt reproduzieren lassen.

Diese Aufgabe wird beim gattungsgemäßen Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Drehrichtungen von Innenwelle und Außenwelle jeweils periodisch gewechselt werden und daß

nach jedem Drehrichtungswechsel die jeweilige Welle mit einer vorbestimmten Drehzahl bzw. zeitlichen Drehzahlfunktion angetrieben wird. Die Drehrichtung der Innenachse wird somit in einem für die Innenwelle charakteristischen Periodenabstand umgekehrt und sodann wird eine vorbestimmte Soll-Drehzahl angefahren bzw. ein bestimmter zeitlicher Drehzahlverlauf eingestellt. In gleicher Weise wird auch die Drehrichtung der Außenwelle in einem für die Außenwelle charakteristischen Periodenabstand umgekehrt und sodann wird die Außenwelle auf eine neue vorbestimmte Soll-Drehzahl gebracht bzw. ein bestimmter zeitlicher Drehzahlverlauf eingestellt. Die Soll-Drehzahlen lassen sich nicht momentan einstellen, sondern bedürfen aufgrund der Trägheit einer gewissen Zeitdauer, um eine vorbestimmte Drehzahl zu erreichen. Beim Wechsel der Drehrichtung wird die augenblickliche Drehzahl zunächst auf Null gefahren und anschließend die Welle in der Gegenrichtung auf die vorbestimmte Soll-Drehzahl gebracht.

Die erfindungsgemäße Mischvorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebsmittel mit Drehzahl-Steuermitteln verbunden sind, die zur Änderung der Drehzahl und Drehrichtung der Wellen geeignet sind, und daß die Steuermittel mit einer Steuereinheit verbunden sind, die den vorbestimmten Drehzahlen entsprechende Steuerwerte für die Innenwelle und für die Außenwelle im jeweiligen Periodenabstand gewinnt und an die Steuermittel liefert. Die erfindungsgemäß eingesetzten Steuermittel ermöglichen eine Änderung der Drehzahl des zugehörigen Antriebsmittels durch Änderung der dem Antriebsmittel zugeführten Energie. Durch Änderung der Energie wird die Drehzahl erhöht oder gesenkt. Bei Umkehr der Polarität bzw. Flußrichtung wird die Drehrichtung geändert.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die zugehörige erfindungsgemäße Mischvorrichtung zeichnen sich dadurch aus, daß Mischabläufe erzielt werden, die sich für jeden Mischvorgang einstellen und reproduzieren lassen. Eine größtmögliche Scherung des Mischgutes wird erzielt, da die Drehrichtungen in bestimmten zeitlichen Abständen gewechselt werden, was zu einer wirkungsvollen Vermischung führt. Durch Wahl von vorbestimmten Drehzahlen nach jedem Drehrichtungswechsel kann für jedes Mischgut ein optimales Mischprogramm erzeugt werden, das sich reproduzieren läßt. So kann der Bewegungsablauf, speziell die Beschleunigungsvorgänge dem zu mischenden Produkt angepaßt werden. Produkte, die zu Agglomerationen neigen, können besonders stark beschleunigende Mischvorgänge erfahren. Aggregate, die sehr empfindlich sind, können durch einen schonenden Mischablauf vermischt werden. Das Verfahren und die Vorrichtung erlauben eine optimale Anpassung an die speziellen Eigenschaften der zu mischenden

Produkte. Auf den Mischablauf kann durch Einstellung der Beträge der Soll-Drehzahlen bzw. der Amplituden der Drehzahlen der Wellen und der jeweiligen Periodendauer Einfluß genommen werden.

In einer Ausführung sind die vorbestimmten Drehzahlen aufeinanderfolgender Perioden einer Welle unterschiedlich. Dadurch werden sich wiederholende identische Mischabläufe vermeiden. Durch Änderung der vorbestimmten Drehzahl einer Periode gegenüber der Drehzahl in der vorangegangenen Periode ist der Drehrichtungswechsel gekoppelt mit einer veränderten Drehzahl, was die Mischwirkung erhöht. In einer anderen Ausführung sind die Drehzahlen in zumindest zwei aufeinanderfolgenden Perioden gleich.

Die Drehzahl jeder Welle wird bevorzugt nach Erreichen einer vorbestimmten Soll-Drehzahl während einer Zeitdauer konstant gehalten, die kleiner ist als eine Periodendauer. Wenn die jeweilige Welle die ihr vorbestimmte Soll-Drehzahl erreicht hat, wird diese Drehzahl während einer vorbestimmten Zeitdauer konstant gehalten, um eine Anpassung des Mischgutes an konstante Bedingungen zu erreichen.

Die Perioden von Innenwelle und Außenwelle sind bevorzugt etwa gleich lang. Dies begünstigt den technischen Aufwand für die Einrichtung der Perioden. Ferner wurde festgestellt, daß gleiche Periodenlängen für die Steuerzyklen von Innenwelle und Außenwelle keine störenden Entmischungen zur Folge haben.

In besonders bevorzugter Weise weisen die Drehzahlen von Innenwelle und Außenwelle eine Phasendifferenz, beispielsweise von etwa 90 Grad auf. Dadurch ist eine überlagerte oder gegenläufige Bewegung von Innenwelle und Außenwelle vermieden. Wenn die eine Welle beim Drehrichtungswechsel durch den Null-Punkt gefahren wird, hat die andere Welle ihre jeweils vorbestimmte Soll-Drehzahl erreicht. Die Phasendifferenz beträgt bevorzugt etwa 90°. Sie kann aber im Bereich von $60^\circ < \delta < 120^\circ$ liegen.

Bevorzugt eilt die Phase der Außenwelle der Phase der Innenwelle voraus. Bei dieser Einstellung wurde eine besonders wirkungsvolle Vermischung bemerkt.

Es ist ferner bevorzugt, daß die vorbestimmten Drehzahlen der beiden Wellen in benachbarten Perioden gleich sind bzw. sich um einen konstanten Faktor unterscheiden. Dies bedeutet, daß abgesehen von der Phasendifferenz die beiden Wellen mit den selben Drehzahlen angetrieben werden. Auch dies hat keine Entmischung zur Folge, sondern senkt den technischen Aufwand der Steuerung.

In einer bevorzugten Ausführungsform wiederholt sich jede Folge von vorbestimmten Drehzahlen nach N Folgegliedern. Die Folge ist somit rekursiv.

Eine derartige Wiederholung bestimmter Mischabläufe senkt den Steueraufwand bzw. die Anzahl der zu erzeugenden Drehzahlwerte. Gleichzeitig führt eine Wiederholung längerer Mischzyklen nicht zu einer Entmischung.

In einer Ausführungsform wird die Folge von vorbestimmten Drehzahlwerten durch einen Algorithmus gewonnen, wobei die Drehzahlwerte beispielsweise durch eine Rekursionsformel bei gegebenem Anfangswert gewonnen werden. Ein solcher Algorithmus liefert eine besondere Verteilung der in einem Zyklus auftretenden Drehzahlwerte, was die Mischwirkung verbessert.

Die Rekursionsformel kann beispielsweise die folgende Form haben:

$$n_{i+1} = (K_1 \cdot n_i + K_2) \bmod K_3$$

wobei K_1 , K_2 , K_3 Konstanten sind und die Folge nach K_3 -Werten rekursiv ist. Eine Rekursionsformel dieses Typs eignet sich hervorragend für die Gewinnung von Werten, die nach K_3 -Werten rekursiv sind.

Alternativ zu dem zuvor genannten Algorithmus wird die Folge der Drehzahlwerte in einem Speicher abgelegt und sequentiell abgerufen. Je nach Art der Mischaufgabe lassen sich somit bestimmte empirisch bevorzugte Mischzyklen für jeden bestimmten Mischauftrag abspeichern und reproduzieren.

Ein grundsätzlicher Unterschied zwischen der gespeicherten Folge von Drehzahlwerten und der rekursiv erzeugten Folge von Drehzahlwerten besteht nicht, wobei die rekursiv erzeugten Werte keinen Speicher benötigen und die abgespeicherten Werte auch nicht-rekursiv sein können.

In einer bevorzugten Ausbildung der eingangs genannten erfindungsgemäßen Mischvorrichtung weist die Steuereinheit eine speicherprogrammierbare Steuereinrichtung auf, in der die Speicherwerte abgespeichert und abrufbar sind.

Alternativ weist die Steuereinheit eine Berechnungseinrichtung auf, die die Steuerwerte aufgrund einer Rekursionsformel berechnet.

Die erfindungsgemäßen Antriebsmittel können Elektromotoren, Hydraulikmotoren oder Pneumatikmotoren sein, je nach dem welches Antriebsmittel für den speziellen Fall gewünscht wird. Dementsprechend sind die mit den Antriebsmitteln verbundenen Steuermittel Frequenzumformer für den Fall der Elektromotoren, hydraulische Ventile für den Fall der Hydraulikmotoren und pneumatische Ventile für den Fall der Pneumatikmotoren. Im Falle der Wahl von Gleichstrommotoren sind Steuermittel in Form von Drehzahlstellern vorgesehen, die die Stärke des dem Gleichstrommotor zugeführten Stroms verändern. Die Frequenzumformer werden im Falle von Wechselstrommotoren eingesetzt, die

durch Änderung der Frequenz gesteuert werden.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung.

Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung.

Fig. 2 ein Schaltdiagramm für die Steuerung der Elektromotoren der Mischvorrichtung.

Fig. 3 ein Steuerdiagramm für die Drehzahl einer Welle.

Fig. 4 ein alternatives Steuerdiagramm für eine Welle.

In Fig. 1 ist eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mischvorrichtung prinzipiell dargestellt, wobei ein Mischbehälter 2 vorgesehen ist, der kardanisch aufgehängt ist. Der Mischbehälter 2 ist verbunden mit einer drehbar gelagerten Innenwelle 4, die über ein Getriebe 18 mit einem Elektromotor 6 verbunden ist.

Die Innenwelle 4 ist auf einem Halter 5 einer Außenwelle 8 gelagert, die zum Ausgleich des Gewichtes des Halters ein Gegengewicht 20 aufweist, das dem Halter 5 gegenüber mit der Außenwelle 8 verbunden ist. Die Welle 8 ist durch Lager 22 geführt und endet in einem Kegelradgetriebe 24, das mit einem Elektromotor 10 verbunden ist.

Eine elektrische Zuleitung 30 für den Elektromotor 6 der Innenwelle 4 ist durch eine Schleifring-Durchführung 28 in das Kegelradgetriebe 24 und von dort durch die hohl ausgebildete Außenwelle 8 zum Elektromotor 6 geführt. Eine elektrische Zuleitung 32 ist mit dem Elektromotor 10 der Außenwelle verbunden.

Gemäß Fig. 2 ist die elektrische Zuleitung 32 des Elektromotors 10 mit dem Frequenzumformer 12 für die Außenachse 8 verbunden, während die elektrische Zuleitung 30 des Elektromotors 6 mit dem Frequenzumformer 14 für die Innenachse 4 verbunden ist. Gleichzeitig sind beide Frequenzumformer 12, 14 mit Netzspannung versorgt. Durch Erhöhung/Erniedrigung der Frequenz wird die Drehzahl der zugehörigen Welle erhöht bzw. gesenkt. In dieser Ausführungsform sind die beiden Frequenzumformer mit einem Mikroprozessor 16 verbunden, der eine speicherprogrammierbare Steuerung aufweist, wobei den Drehzahlwerten entsprechende Steuerwerte im Speicher abgelegt sind und vom Mikroprozessor 16 in zeitlichen Abständen, die den jeweiligen Perioden entsprechen, abgerufen werden können. Der Mikroprozessor 16 liefert die Steuerwerte an den jeweiligen Frequenzumformer.

In Fig. 3 ist ein Steuerdiagramm für die Drehzahl einer Welle gezeigt. Einem der Frequenzumformer wird zunächst ein Soll-Drehzahlwert 1 gege-

ben, der durch Anlaufen der Welle und Erhöhung der Drehzahl bis zum Drehzahlwert 1 erreicht wird. Sodann wird der Frequenzumformer vom Mikroprozessor 16 instruiert, einen Drehrichtungswechsel durchzuführen und eine neue Soll-Drehzahl 2 anzufahren. Der Frequenzumformer senkt seine Frequenz und die Welle läuft über Drehzahl 0 in entgegengesetzter Richtung bis zum Drehzahlwert 2 an. Sodann werden neue Drehzahlwerte 3, 4 und 5 angefahren, die voneinander verschieden sind und eine wirksame Vermischung des Mischgutes gewährleisten. Die Periode zwischen zwei aufeinanderfolgenden Steuerwerten des Mikroprozessors 16 ist die Zeitdauer t . Das Steuerdiagramm der anderen Welle unterscheidet sich von dem Steuerdiagramm von Fig. 3 lediglich dadurch, daß es um $t/2$ gegenüber dem Steuerdiagramm von Fig. 3 verschoben ist, d.h. eine Phasendifferenz von etwa 90° aufweist.

In Fig. 4 ist ein Steuerdiagramm gezeigt, bei dem jeweils zwei aufeinanderfolgende Soll-Drehzahlen einer Welle entgegengesetzt gleich sind, d.h. denselben Betrag haben. Nach der zweiten betragsgleichen Drehzahl ändert sich die Drehzahl derart, daß sie kleiner oder größer wird für die folgenden zwei Perioden. Das Verhältnis der aufeinanderfolgenden gleichsinnigen Drehzahlen ist im vorliegenden Fall $1/2$ bzw. 2 und ist einstellbar.

Die obere und die untere Drehzahl (ODZ und UDZ) sind einstellbar, ebenso wie die Periode t und die genannte Mischdauer T .

Die andere Welle wird mit einem um $t/2$ verschobenen Steuerdiagramm betrieben. Ebenfalls ist das Verhältnis der aufeinanderfolgenden gegensinnigen Drehzahlen dieser Welle einstellbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Antriebssteuerung einer Mischvorrichtung, die einen an einer Innenwelle (4) und Außenwelle (8) drehbar gelagerten Mischbehälter (2) aufweist, wobei Innenwelle (4) und Außenwelle (8) einen Winkel miteinander einschließen und voneinander getrennt antreibbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehrichtungen von Innenwelle (4) und Außenwelle (8) jeweils periodisch gewechselt werden, und daß nach jedem Drehrichtungswechsel die jeweilige Welle mit einer vorbestimmten Drehzahl bzw. Drehzahlfunktion angetrieben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die vorbestimmten Drehzahlen aufeinanderfolgender Perioden einer Welle (4; 8) unterschiedlich sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl jeder Welle

(4, 8) nach Erreichen einer vorbestimmten Soll-Drehzahl während einer Zeitdauer konstant gehalten wird, die kleiner ist als eine Periodendauer.

- | | |
|--|----|
| | 5 |
| 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, <u>dadurch gekennzeichnet</u> , daß die Perioden von Innenwelle (4) und Außenwelle (8) etwa gleich lang sind. | |
| | 10 |
| 5. Verfahren nach Anspruch 4, <u>dadurch gekennzeichnet</u> , daß die Drehzahlverläufe von Innenwelle (4) und Außenwelle (8) eine Phasendifferenz aufweisen. | |
| | 15 |
| 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, <u>dadurch gekennzeichnet</u> , daß die Phase der Außenwelle der Phase der Innenwelle voraneilt. | |
| | 20 |
| 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, <u>dadurch gekennzeichnet</u> , daß die vorbestimmten Drehzahlen der beiden Wellen (4, 8) in benachbarten Perioden gleich sind. | |
| | 25 |
| 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, <u>dadurch gekennzeichnet</u> , daß jede Folge von vorbestimmten Drehzahlen sich nach N Folgegliedern rekursiv wiederholt. | |
| | 30 |
| 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, <u>dadurch gekennzeichnet</u> , daß die Folge der Drehzahlwerte in einem Speicher abgelegt ist und sequentiell abgerufen wird. | |
| | 35 |
| 10. Mischvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, mit einem an einer Innenwelle (4) und Außenwelle (8) drehbar gelagerten Mischbehälter (2), wobei Innenwelle (4) und Außenwelle (8) einen Winkel miteinander einschließen und voneinander getrennt durch Antriebsmittel (6, 10) antreibbar sind, <u>dadurch gekennzeichnet</u> , daß die Antriebsmittel (6, 10) mit Drehzahl-Steuermitteln (12, 14) verbunden sind, die zu einer vorbestimmten Änderung der Drehzahl und Drehrichtung der Wellen (4, 8) geeignet sind, und daß die Steuermittel (12, 14) mit einer Steuereinheit (16) verbunden sind, die den vorbestimmten Drehzahlen entsprechende Steuerwerte für die Innenwelle (4) und für die Außenwelle (8) im jeweiligen Periodenabstand (t) gewinnt und an die Steuermittel (12, 14) liefert. | |
| | 40 |
| | 45 |
| | 50 |
| | 55 |

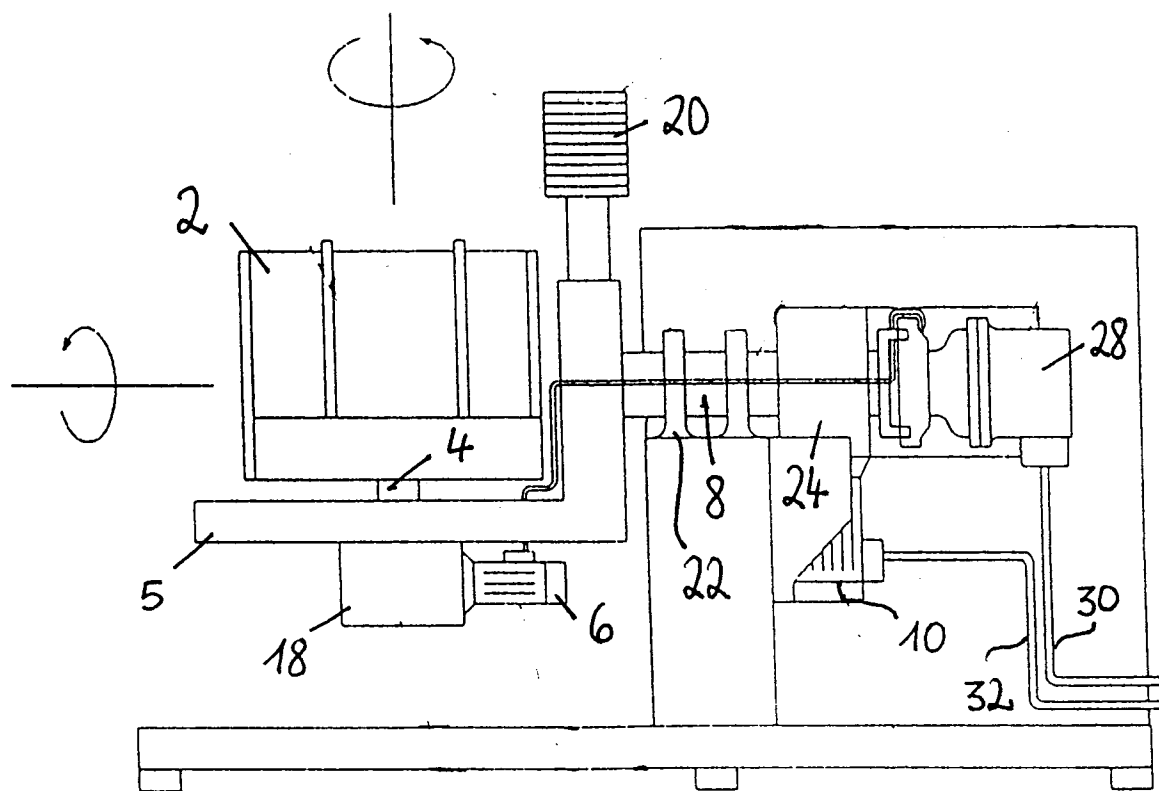
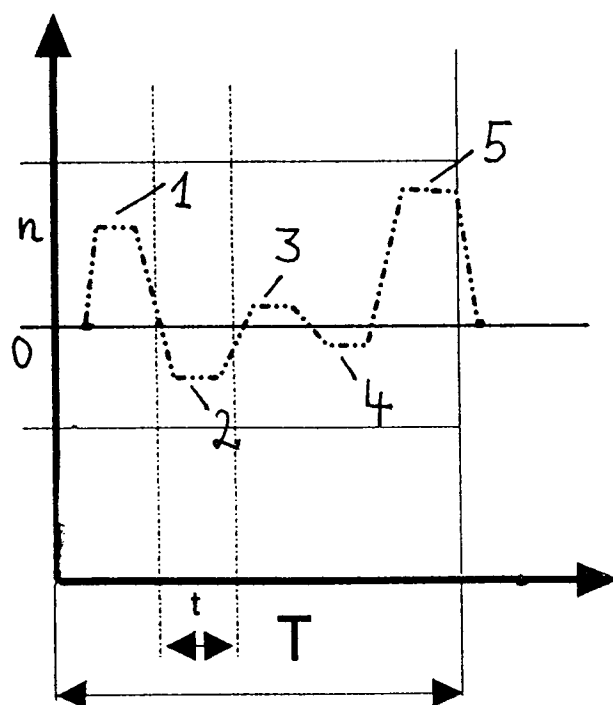
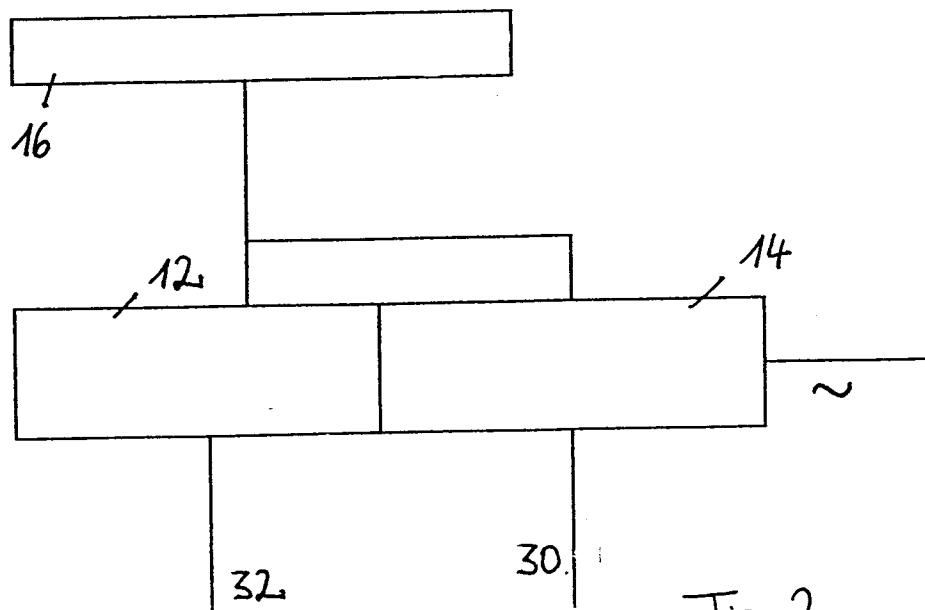


Fig. 1



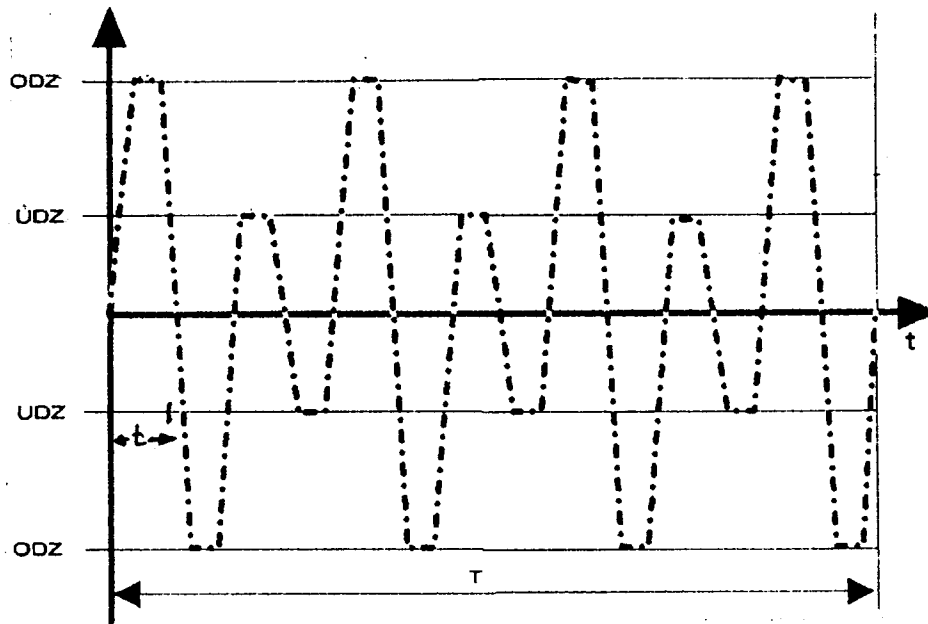


Fig. 4



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 94 11 2222

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Y	WO-A-89 08495 (ZIMMERMANN) ---	1-10	B01F9/00 B01F15/00
Y	DE-A-36 26 732 (BUHLER) ---	1-10	
A	DE-C-969 063 (SIEMENS) ---		
A	FR-A-2 680 887 (CAPPELLETTO) -----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			B01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 15. November 1994	Prüfer Peeters, S
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 Patentdokument, 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			