



Patent beschränkt
aufrechterhalten nach
§ 12 Abs. 3 ErstrG

(51) Int. Cl.⁶: **B 01 F 3/08**
B 01 D 11/04

DEUTSCHES PATENTAMT

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Aufrechterhaltung kann Einspruch eingelegt werden

(21) Aktenzeichen:	(22) Anmeldetag:	(44) Veröff.-tag der DD-Patentschrift:	(45) Veröff.-tag der Aufrechterhaltung:
DD B 01 F / 343 879 3	07. 09. 90	06. 02. 92	19. 10. 95

(30) Unionspriorität:
—

(72) Erfinder:	Takács, István, Dr.-Ing., 1103 Budapest, HU; Beszedics, Gyula, 1035 Budapest, HU; Rudolf, Péter, 1026 Budapest, HU; Fábry, György, Dr.-Ing., 1026 Budapest, HU
(73) Patentinhaber:	Richter Gedeon Vegyészeti Gyár Rt., Gyömrői út 19–21, 1103 Budapest, HU
(74) Vertreter:	Hübner, Neumann, Radwer, Rechtsanwalt und Pat.-Anwälte, 10317 Berlin

(54) Anlage zum Inberührungbringen von unterschiedliche Dichten aufweisenden Flüssigkeiten

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE-AS 1 271 076 DE-OS 1 519 632 US 2 171 398 SCHIEFER, Kurt, Lexikon der
Verfahrenstechnik Band 16, Stuttgart, Deutsche Verlagsanstalt, 1970, Seite 521

Patentansprüche:

1. Anlage zum Inberührungbringen von Flüssigkeiten mit unterschiedlicher Dichte, insbesondere zur Extraktion von Flüssigkeiten, bestehend aus einer Kolonne (1) mit einem geschlossenen Innenraum, in deren Oberteil die Leitung (7b) zur Zuführung der Flüssigkeit mit der größeren Dichte und in deren Unterteil die Zuleitung (7a) zur Zuführung der Flüssigkeit mit der geringeren Dichte und ein Pulsator (4) angeordnet sind, während aus dem unteren Teil der Kolonne (1) die Leitung (8) zur Ableitung der die größere Dichte aufweisenden Flüssigkeit und aus dem oberen Teil hingegen die Leitung (10) zur Ableitung der die geringere Dichte aufweisenden Flüssigkeit austritt, wobei in die Leitung (8) ein Niveau- und Treibkraftregler (9) eingebunden sind und in der Kolonne (1) Dispergier-Mischelemente angeordnet sind, die die Kolonne (1) in unter bzw. übereinander liegende Zellen unterteilen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Dispergier-Mischelemente den Zellenboden bildende Teller (5) sind, in deren Ebenen in einer oder in mehreren Reihen elastische, sägezahnförmige Zungen (13a) so angeordnet sind, daß ihre Schwingungsamplitude über die Ebene der Teller (5) hinausgeht und entlang der Umrißlinien der Zungen (13a) ein Spalt (14) verläuft, wobei der Teller (5) aus einer oder aus mehreren starren Platten (5b) und die elastischen Zungen (13a) aus einer oder mehreren elastischen Platten (5a) aufgebaut sind.
2. Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Spalt (14) eine Breite (t) von 0,05–1,0 mm aufweist.
3. Anlage nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß unterhalb oder oberhalb der elastischen Zungen (13a) quer zu ihrer Längsrichtung Anschläge (12) angeordnet sind.
4. Anlage nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anschläge (12) verstellbar ausgebildet sind.

Hierzu 5 Seiten Zeichnungen

Die Erfindung betrifft eine Anlage zum Inberührungbringen von Flüssigkeiten mit voneinander unterschiedlicher Dichte, insbesondere für die Flüssigkeits-Flüssigkeits-Extraktion.

Bekannt sind bereits verschiedene Anlagen zur Flüssigkeitsextraktion in Kolonnenausführung, die mit einer Hilfsenergie arbeiten und die zwischen den miteinander in Berührung zu bringenden Flüssigkeiten eine radiale Vermischung sichern. Eine derartige Extraktionskolonne besitzt ein vertikal angeordnetes, zylinderförmiges Gehäuse mit einer zentralen, senkrechten Welle, an der Mischelemente, z. B. Schaufeln oder Scheiben, angeordnet sind. Diese Mischelemente dispergieren während ihres Umlaufes eine Flüssigkeit in eine entgegenströmende andere Flüssigkeit (kontinuierliche Phase). In den einzelnen Kolonnen sind die Mischzonen (Stufen) durch Absetzelemente (z. B. Füllkörperschichten, gelochte Körper, Siebgewebe, Netze etc.) voneinander getrennt. Die theoretische Stufenzahl der beschriebenen aus Mischerkolonnen bestehenden Extraktionsanlagen beträgt je lfdm 2–7, ihre spezifische Belastung $20\text{--}30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$. Zu der vorgenannten Gruppe gehören Anlagen mit der Bezeichnung RDC (mit Drehscheiben), OLDSHUE-RUSTHON, Scheibel, Kühni, RZE (mit Mischzellen), BCT-RDC (mit inneren Leitrohren) (Chem. Ing. T. 52. Nr. 3.9. Abb. 3). Es sind auch bereits Extraktionsanlagen mit exzentrischen Mischerwellen gebaut worden, bei denen die Mischelemente, beispielsweise Drehscheiben, asymmetrisch angeordnet sind (z. B. die LUWA-ARD-Extraktionskolonne). Die theoretische Stufenzahl beträgt je lfdm 1–3, die spezifische Belastbarkeit $20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.

Bekannt sind ferner Kolonnenextraktionsanlagen, die zwecks Erhöhung der Effektivität und des Wirkungsgrades des Dispergiervorganges anstelle des Einsatzes mechanischer Mischelemente mit einem pulsierenden Betriebsregime arbeiten. Innerhalb dieser Gruppe gibt es Extraktionskolonnen mit Flüssigkeitspulsation und solche mit schwingenden Elementen. Bei der ersten Anlagengruppe werden die in der Kolonne im Gegenstrom fließenden Flüssigkeiten den Wirkungen einer Pulsiervorrichtung (z. B. einem Kolbenpulsator) ausgesetzt, die an der Kolonne angeschlossen ist. Das radiale Vermischen der pulsierenden Flüssigkeiten, die Dispergierung der einen Flüssigkeit in die andere, erfolgt mit Hilfe der in den Kolonnen angeordneten Dispergiererelemente. Ein derartiges Dispergiererelement kann z. B. ein Füllkörper sein (Interpack-Füllkörper, Pall-Ring, Porzellanfüllkörper). In diesem Fall beträgt die spezifische Belastbarkeit $15\text{--}25 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, die theoretische Stufenzahl je lfdm 4–7, die Pulsationsgeschwindigkeit hingegen $700\text{--}1300 \text{ mm/Min}$ (Chem. Ing. T. 50. Nr. 5, Ab. 15–19). Dispergiererelemente können auch Siebteller (perforierte Scheiben) sein, die den Innenraum der Kolonne in senkrechter Richtung in Zellen aufteilen. Der freie Querschnitt dieser Zellen beträgt $20\text{--}30\%$, die spezifische Belastbarkeit $30\text{--}60 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ und die theoretische Stufenzahl je lfdm 4–7. Demgegenüber beträgt die Pulsationsgeschwindigkeit $700\text{--}1500 \text{ m/Min}$ (Chem. Ing. T. 50. Nr. 5, Abb. 19). Bei den mit Schwingelementen arbeitenden Extraktionskolonnen erfolgt das Inberührungbringen, d. h. das Dispergieren der Flüssigkeiten mit Hilfe einer äußeren Pulsiervorrichtung durch Auf- und Abschwngen der auf einer gemeinsamen Stange aufgereihten perforierten Scheiben oder Siebteller. Die bekannteste, mit Schwingelementen arbeitende Extraktionskolonne ist die KARR-Kolonne. Der spezifische freie Querschnitt ihrer Zellen beträgt $50\text{--}60\%$, die spezifische Belastbarkeit $80\text{--}100 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ und die theoretische Stufenzahl je lfdm 3–6 (Chem. Ing. T. 50, Nr. 5). Die spezifische Belastbarkeit ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) der mit pulsierenden und mit nicht pulsierenden Füllungen arbeitenden Extraktionskolonnen stimmt annähernd überein, wobei jedoch die Pulsierung der Flüssigkeiten die in den Kolonnen mit nicht pulsierendem Betriebsregime

häufig auftretende Kanalbildung verhindert oder zumindest wesentlich einschränkt. Außerdem fördert die Pulsation die Erneuerung der mit der kontinuierlichen Phase in Berührung befindlichen Flächen. Durch ein pulsierendes Betriebsregime kann die Dispersion intensiviert und die theoretische Stufenzahl verdoppelt werden. Von Nachteil ist jedoch, daß Kolonnen mit pulsierendem Betriebsregime gegenüber Belastungsänderungen empfindlich sind und auf Schwankungen nicht elastisch reagieren. Ein weiteres Problem besteht darin, daß die in einer Flüssigkeit eventuell vorhandenen Feststoffe den Extraktionsvorgang stören, wobei sie die Füllungs- und Kolonnenoberflächen allmählich zusetzen (verschließen). Die zur Zeit bekannten, mit pulsierendem Betriebsregime arbeitenden Kolonnen können daher zur Extraktion von Flüssigkeiten, die Feststoffe enthalten, nicht eingesetzt werden.

In den mit Siebtellern ausgerüsteten und mit einem pulsierenden Betriebsregime arbeitenden Extraktionskolonnen entstehen durch die Pulsation regelmäßig neue Berührungsflächen. Dadurch erhöht sich die Dispersion, und die theoretische Stufenzahl je lfdm ist im Vergleich zu Kolonnen mit nicht pulsierendem Betriebsregime größer. Auch im Vergleich zu den mit pulsierter Füllung arbeitenden Kolonnen ist die theoretische Stufenzahl um etwa 25–30 % größer. Hierbei kann durch die Pulsation auch die spezifische Belastung ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) erhöht werden. Nachteilig ist hingegen, daß der spezifische Belastungsbereich der mit pulsierenden Siebtellern arbeitenden Extraktionskolonnen sehr eng ist. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß aufgrund der höheren Dispergierung in einzelnen Fällen, insbesondere wenn die zu extrahierende Flüssigkeit Feststoffe enthält, eine sich langsam absetzende stabile Emulsion entstehen kann, die zur Unterbrechung des Extraktionsvorganges führt. Da die Siebteller gegen Verunreinigungen empfindlich sind, eignen sich derartige Kolonnen nicht zur Extraktion von Flüssigkeiten, die Feststoffe enthalten.

Durch das Schwingen der perforierten Scheiben der mit Schwingplatten arbeitenden Extraktionskolonnen (KARR) kann die spezifische Belastung ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) der Kolonne bis auf einen für Kolonnenextraktionsanlagen höchsten Wert gesteigert und auch die Dispersion verstärkt werden. Demzufolge fällt auch die theoretische Stufenzahl günstiger aus. Derartige Kolonnen werden vorteilhaft bei mittleren und geringeren Oberflächenspannungen eingesetzt. Der zum Schwingen der Siebteller erforderliche Mechanismus ist jedoch wesentlich komplizierter und folglich kostenaufwendiger als der, der zur Pulsation der Flüssigkeiten aufgewandt werden muß. Mit zunehmendem Kolonnendurchmesser werden außerdem die erforderlichen Mechanismen immer komplizierter. Auch bei diesen Anlagentypen kann es in Einzelfällen aufgrund der hohen Dispersion, insbesondere bei Feststoffen enthaltenden Flüssigkeiten, zur Bildung einer sich langsam absetzenden stabilen Emulsion kommen, die den Extraktionsprozeß letztlich unterbindet. Derartige Kolonnen sind gegenüber Verunreinigungen empfindlich und zur Extraktion von Flüssigkeiten, die Feststoffe enthalten, nicht geeignet.

Allgemein ist festzustellen, daß der konstruktive Aufbau der unter Verwendung einer Pulsationshilfsenergie arbeitenden Extraktionskolonne im Vergleich zu anderen Anlagen einfacher ist. Ihre Investitionskosten betragen nur einen Bruchteil der Kosten, die für Kolonnen, die mit Mischern oder anderen Systemen, z. B. mit einem Zentrifugal-Kraftfeld arbeiten, aufgewendet werden müssen.

In der mit Fermentationen arbeitenden Industrie werden zur vollständigen Extraktion von natürlichen, auch Biomassen enthaltenden Fermentsäften Gegenstromextraktionskolonnen eingesetzt, die mit einem zentrifugalen Kraftfeld arbeiten. Zu derartigen Anlagen gehören die PODBIELNIAK- und ROBATEL-Extraktionsanlagen. Die spezifische Leistung dieser Anlagen ist akzeptabel. Aufgrund der geringen Anzahl an theoretischen Stufen und der hohen Investitions- und Betriebskosten werden diese Anlagen jedoch immer seltener eingesetzt.

Nach einer anderen bekannten Lösung (Westfalia) wird aus dem natürlichen Fermentsaft mittels Vakuumtrommelfilter ein wesentlicher Teil der Feststoffe herausgefiltert und der einen geringeren Feststoffgehalt von 1–3 % aufweisende Fermentsaft in zwei Stufen im Gegenstrom in einem Separator mit Selbstentleerung extrahiert. Die Investitions- und Betriebskosten der ein hohes technisches Niveau repräsentierenden Anlage sind jedoch relativ hoch.

Zur Behandlung und zur vollständigen Extraktion von natürlichen Fermentsäften werden in jüngster Zeit immer häufiger Gegenstrom-Extraktionsdekanter eingesetzt, in denen auch Fermentsäfte mit einem hohen (60%igen) Anteil an Trockenstoffgehalt ohne Vorfiltration extrahiert werden können. Der Betrieb dieser Anlagen ist verhältnismäßig einfach und die Extraktion wirksam, jedoch sind die Betriebs- und Investitionskosten zu hoch.

Zur Verbesserung des Mischungsgrades von Emulsionen und Dispersionen ist ferner der Einsatz von Ultraschallpfeifen – Lexikon der Verfahrenstechnik, Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart 1970, Band 16 – bekannt. Die Ultraschallpfeife besteht aus einem einseitig eingespannten, federnden Element, das in einem sich erweiternden Rohrteil eines Injektors angeordnet ist. Zur Verbesserung des Mischungsgrades wird das federnde Element stirnseitig von einer Emulsion mit hoher Geschwindigkeit angeströmt und durch die hohe Strömungsgeschwindigkeit in hochfrequente Schwingungen von 10 bis 20 kHz versetzt. Diese hohen Schwingungen übertragen sich auf die Emulsion, wodurch die einzelnen Tröpfchen der Emulsion zerschlagen werden und so ein hoher Mischungsgrad erzielt wird. Das Wirkprinzip einer Ultraschallpfeife führt aufgrund der Schwingungen im hochfrequenten Bereich sofort zur Bildung von Emulsionen in der Extraktionskolonne. Eine Flüssigkeits-Flüssigkeits-Extraktion zwischen zwei Flüssigkeiten unterschiedlicher Dichte, bei der die Flüssigkeit mit der geringeren Dichte den abzuscheidenden Wirkstoff aufnimmt und die Flüssigkeit mit der größeren Dichte die zu extrahierende Flüssigkeit ist, käme bei Anwendung des Wirkprinzips einer Ultraschallpfeife überhaupt nicht zustande.

Aufbau und Wirkungsweise von Ultraschallpfeifen erfordert ferner, daß die einseitig eingespannte, schwingende Zunge mit hoher Strömungsgeschwindigkeit stirnseitig angeströmt wird. Diese Grundbedingungen läßt sich mit einfachen Mitteln in Extraktionskolonnen nicht bzw. nur mit großem Aufwand realisieren.

Aus der DE-AS 1 271 076 ist ein Ventildeckel für Kolonnenböden zum Kontaktieren eines Gases mit einer Flüssigkeit bekannt. In den Kolonnenböden sind Öffnungen vorgesehen, die durch deckelförmige Ventilscheiben abgedeckt werden. Durch das ausströmende Gas werden diese Ventilscheiben in ihrer Offenstellung bewegt, die durch Füße an der unteren Seite des Ventildeckels begrenzt ist. Die Distanz zwischen den Ebenen der Ventilscheibe und der Oberfläche des Kolonnenbodens verändern sich in Abhängigkeit von der Gasströmung und der Flüssigkeitsbelastung. Die zu kontaktierende Flüssigkeit strömt durch die veränderbaren Öffnungen von oben nach unten, während das Gas von unten nach oben fließt. Der Gegenstand der Lösung nach DE-AS 1 271 076 ist ausschließlich zur Kontaktierung eines Gases mit einer Flüssigkeit vorgesehen und wird vorzugsweise zur Destillation angewendet. Zur Flüssigkeits-Flüssigkeits-Extraktion bzw. zum Inberührungbringen einer

Flüssigkeit mit einer anderen Flüssigkeit ist diese Lösung nicht geeignet. Das deckelförmige Ventil kann aufgrund seiner konstruktiven Ausbildung durch eine pulsierende Flüssigkeit bzw. durch eine pulsierende Strömung auch nicht in eine solche schwingende Bewegung versetzt werden, die zum Dispergieren von Flüssigkeitsbestandteilen führt.

Die Lösung nach DE-OS 1 519 632 schlägt einen verbesserten Ventilboden zur destillativen Trennung von Gemischen oder dem Auswaschen bestimmter Stoffe aus Gasen und/oder Dämpfen vor. Die in Kolonnen übereinander angeordneten Böden besitzen T-förmige Öffnungen, die durch eine bewegbare Platte verschließbar sind. Am Ende der verschließbaren Platte befinden sich Füße in Form abgebogener Streifen, die in entsprechende Öffnungen hineinragen und ein partielles Auslenken der Platte aus der Ebene des Kolonnenbodens ermöglichen, gleichzeitig aber ein vollständiges Herausfallen in jeder Weise verhindern. Die Gase oder Dämpfe strömen nun von der Unterseite des Ventilbodens durch das sich öffnende Ventil in die auf dem Ventilboden befindliche Flüssigkeit und bewirken bei einem bestimmten Druck ein mehr oder minder schnelles Flattern der Platten, um auf diese Weise im Bereich der Ventile oder in den Ventilen selbst Ablagerungen zu verhindern. Durch die konstruktive Ausbildung und Anordnung der verschließbaren Platten läßt sich die Schwingungszahl der „Flutter-Bewegung“ nicht so weit erhöhen, daß eine dispergierende Wirkung mit anschließender intensiver radialer Vermischung der Flüssigkeitsphasen erzielt wird.

Aus der US-PS 2 171 398 ist schließlich eine weitere Lösung bekannt, die sich auf eine Vorrichtung zum Homogenisieren von Staubgemischen durch ein Gas, das mit Fluidisationsgeschwindigkeit zugeführt wird, bezieht. Ein gegebener Raum ist durch eine horizontale Platte in zwei Teile unterteilt. Diese Platte enthält Öffnungen, die von oben mit flexiblen Plättchen verschlossen sind. Die Fluidisation des Staubgemisches erfolgt durch das Gas, das durch die Öffnungen ins Staubgemisch eindringt. Durch eine geeignete Vorrichtung wird das zugeführte Gas in eine pulsierende Strömung versetzt. Die die Öffnung abdeckenden Plättchen haben die Aufgabe, das Eindringen des Staubgemisches in den unteren Teil der Vorrichtung zu verhindern. Ihre Funktion und Aufgabe ist daher eher mit den Wirkungen und der Arbeitsweise eines Rückschlagventils vergleichbar. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Aufgabenstellung und der voneinander abweichenden Bedingungen für die Staubfluidisation ist diese Lösung für die Flüssigkeits-Flüssigkeits-Extraktion ebenfalls nicht einsetzbar.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine in ihrem konstruktiven Aufbau einfachere, kostengünstigere Anlage der eingangs genannten Gattung mit einer hohen theoretischen Stufenzahl je lfdm und einer hohen spezifischen Belastung zu entwickeln, die bei wirksamer Dispergierung und radialer Vermischung auch zur effektiven Extraktion von Feststoffen enthaltenden Flüssigkeiten eingesetzt werden kann und insgesamt über einen hohen Wirkungsgrad verfügt.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die im Anspruch 1 angeführten Merkmale gelöst. Weitere vorteilhafte Merkmale sind in den Unteransprüchen 2 bis 4 angegeben.

Durch die in der Ebene der Teller Elemente, die die Extraktionskolonne in Zellen unterteilen, eingebauten elastischen Zungen, die durch die pulsierende Strömung der miteinander zu kontaktierenden Flüssigkeiten in Schwingungen gebracht werden, wird ein schärendes Dispergieren und ein sehr intensives radiales Vermischen der Flüssigkeitsphasen in den einzelnen Zellen erzielt, wobei das Zerlegen in Tröpfchen neben der Ausübung der Schärwirkung effektiv, aber doch so schonend verläuft, daß sich dabei keine Emulsion bildet.

In der erfindungsgemäßen Anlage werden die Flüssigkeitsphasen bei günstigem, spezifischem Energieeinsatz intensiv gemischt und wirksam miteinander in Kontakt gebracht.

Durch die pulsierenden Strömungen in der Kolonne und die Schwingungen der elastischen Zungen wird die Gefahr von Verstopfungen und die Gefahr der Bildung von Emulsionen beseitigt. Die vorgeschlagene Anlage kann dadurch vorteilhaft zur Extraktion von Feststoffen enthaltenden Flüssigkeiten eingesetzt werden.

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In den dazugehörigen Zeichnungen zeigen

- Fig. 1: den Aufbau der Anlage in schematischer Darstellung
- Fig. 2: eine durch zwei Teller Elemente abgegrenzte Zelle der Anlage gemäß Fig. 1
- Fig. 3: die Draufsicht auf ein Teller Element in Pfeilrichtung A entsprechend Fig. 2
- Fig. 4 u. 5: Möglichkeit der Ausgestaltung der in der Teller Ebene angeordneten elastischen Zungen
- Fig. 6: die Ausführung einer Anlage entsprechend Fig. 1, deren Teller Elemente nur aus elastischen Zungen gebildet werden
- Fig. 7: eine Anlage nach der Erfindung zur Extraktion von Fermentsäften

Die in Fig. 1 dargestellte Anlage besitzt eine Kolonne 1, die über eine untere Absetzkammer 2 und eine obere Absetzkammer 3 verfügt. Der Durchmesser des mittleren Teiles 1a der zylinderförmigen Kolonne 1 ist kleiner als der Durchmesser der ebenfalls zylindrischen unteren Absetzkammer 2 und der zylindrischen oberen Absetzkammer 3, wobei die Höhe des mittleren Teiles 1a die Höhe der Kammern 2; 3 um das Mehrfache überschreitet. Die senkrechte geometrische Mittelachse der Kolonne 1 – Fig. 1 – ist mit dem Buchstaben X gekennzeichnet.

An die untere Absetzkammer 2 ist ein Kolbenpulsator 4 angeschlossen, wobei das Gehäuse zur Aufnahme des Kolbens 4a mit dem unten aus der Absetzkammer 2 herausragenden geschlossenen Rohrglied 2a verbunden ist.

Im mittleren Teil 1a der Kolonne 1 sind in senkrechten Abständen m Teller Elemente 5 eingebaut, die den mittleren Teil 1a in Zellen 6 aufteilen. Die konstruktive Ausbildung der Teller Elemente wird in den nachfolgenden Ausführungen noch näher beschrieben.

Im Bereich des Überganges vom mittleren Teil 1a zur unteren Absetzkammer 2 ist unterhalb des untersten Teller Elementes 5 eine Leitung 7a angeordnet, die zur Zuführung der Flüssigkeit mit der geringeren Dichte dient. Oberhalb des oberen Teller Elementes 5, jedoch unterhalb der oberen Absetzkammer 3 mündet in die Kolonne 1 eine Leitung 7b ein, die für die Zuleitung der Flüssigkeit mit der größeren Dichte vorgesehen ist. Aus der unteren Absetzkammer 2 ist eine Leitung 8 herausgeführt, die parallel zur senkrechten, geometrischen Mittelachse der Kolonne 1 verläuft und an deren oberem Ende ein an sich bekannter Niveau- und Treibkraftregler 9 angeschlossen ist. Die starre Leitung 8 ist über einen flexiblen Leitungsabschnitt 8a mit dem Behälter 9a des Niveau- und Treibkraftreglers 9 verbunden. Zum Entfernen des Extraktes aus der Anlage dient die Leitung 11, die ebenfalls über einen flexiblen Leitungsabschnitt 11a an den Behälter 9a angeschlossen ist. Durch die flexiblen Leitungsabschnitte 8a; 11a kann der Behälter 9a gegenüber der Eintrittsöffnung der Leitung 7b angehoben oder abgesenkt und dadurch das Niveau bzw. die Änderung (Einstellung) der Treibkraft vorgenommen bzw. reguliert werden.

Aus dem oberen Teil der oberen Absetzkammer ist eine Leitung 10 herausgeführt, die zur Ableitung des Raffinats dient. Die in den Leitungen vorhandenen Absperrarmaturen sind durch kurze Querstriche schematisch dargestellt. Wie aus Fig. 3 gut ersichtlich, setzt sich das Teller-element 5 aus zwei sägezahnartig ausgeschnittenen flachen Platten zusammen, wobei die Zungen 13a; 13b der Sägezahnform so ineinandergreifen, daß zwischen ihnen ein ununterbrochener zickzackförmiger Spalt 14 bestehen bleibt, dessen Breite t vorteilhafterweise zwischen 0,05–1,0 mm liegt. Die starre Platte 5b des Teller-elementes 5, deren Zungen 13b nicht schwingen, sind durch eine Schraffierung gekennzeichnet. Die Zungen 13a der elastischen Platten 5a können unter Einwirkung äußerer Kräfte in eine schwingende Bewegung, d. h. in eine Oszillation gebracht werden. Die elastische Platte 5a wird aus Kunststoff oder aus Metall, vorzugsweise aus einem elastischen, säurebeständigen Stahl, Federbronze oder einem ähnlichen elastischen Metallblech hergestellt. Hierbei ist anzumerken, daß in jedem Teller-element 5 die Zungenpaare 13a; 13b auch in mehreren Reihen vorgesehen sein können, was insbesondere bei größeren Durchmessern der Teller-elemente der Fall ist. Die starre Platte 5b kann beispielsweise auch aus Porzellan hergestellt werden. Die Plattenstärke ist grundsätzlich vom verwendeten Plattenwerkstoff abhängig. Im Verlaufe der Schwingungen der Zungen 13a kommt es zu einer Änderung des freien Querschnittes im Teller-element 5, wobei eine Veränderung dieses freien Querschnittes auch während des Betriebes der Anlage wünschenswert sein kann. Zur Begrenzung der Schwingungen der Zungen 13a sind, wie aus Fig. 2 ersichtlich, an beiden Seiten des Teller-elementes 5 starre Anschläge 12 quer zur Längsrichtung der Zungen 13a befestigt. Durch Änderung der Lage dieser Anschläge kann der freie Querschnitt der Teller 5 verändert werden. Die Anschläge 12 sind zweckmäßig Rundstäbe.

Bei einem in Fig. 4 dargestellten Teller-element 5 aus einem elastischen Material sind beide Zungen 13a; 13b mit einem geeigneten Schnittwerkzeug unter Einhaltung eines Spaltes 14 und einer zickzackförmigen Schnittlinie aus dem Teller 5 ausgeschnitten worden.

Den nur elastischen Zungen 13a aufweisenden Teller-elementen nach Fig. 6 sind zu beiden Seiten der senkrechten, geometrischen Mittelachse Anschläge 12 unterhalb und oberhalb des Tellers zugeordnet, da bei dieser Ausführung eine Begrenzung der Schwingungen der elastischen Zungen bei beiden Zungenreihen erforderlich ist.

Wird eine Vergrößerung des spezifischen freien Querschnittes im Teller-element 5 gewünscht, so können entsprechend Fig. 5 die Enden der elastischen Zungen 13a bogenförmig ausgeschnitten werden, d. h. die Zungen 13a sind kürzer als bei der Ausführung gemäß Fig. 3. Neben dem zickzackförmig verlaufenden Spalt 14 entstehen im Teller 5 im wesentlichen kreisförmige Öffnungen 15, da auch in der starren Platte 5b am Ende der Zungen 13a halbkreisförmige Ausschnitte vorgesehen wurden. Mit Hilfe der Öffnungen 15 kann der spezifische freie Querschnitt des Tellers 5 vergrößert werden.

Die Anlage nach Fig. 1 bis 6 arbeitet wie folgt:

Von den in Kontakt zu bringenden Flüssigkeiten wird die Flüssigkeit mit der geringeren Dichte über die Leitung 7a unten und die Flüssigkeit mit der größeren Dichte über die Leitung 7b oben in die Kolonne 1 eingeleitet (die Strömungsrichtung der Flüssigkeiten bzw. die Arbeitsweise des Pulsators ist durch Pfeile dargestellt). Bei der Beschreibung der Arbeitsweise der Anlage gemäß der Erfindung wird davon ausgegangen, daß die Flüssigkeit mit der geringeren Dichte den abzuscheidenden Wirkstoff enthält und die Flüssigkeit mit der größeren Dichte die zu extrahierende Flüssigkeit ist.

Unter Einwirkung des Dichteunterschiedes und durch die Arbeitsweise des Pulsators 4 fließen die Flüssigkeiten entsprechend dem mit dem Regler 9 eingestellten Niveau und der entsprechenden Treibkraft im Gravitationsfeld der Kolonne 1 in zueinander entgegengesetzten Richtungen. Das heißt, die Flüssigkeit mit der größeren Dichte fließt nach unten und die Flüssigkeit mit der geringeren Dichte nach oben, wobei die letztere durch die nach unten strömende Flüssigkeit mit der größeren Dichte nach oben gedrängt wird. Die durch die Pulsation in ständige Schwingungen versetzten elastischen Zungen 13a zerlegen während der gegeneinanderfließenden Strömungsprozesse die dichtere Flüssigkeit in dispergierende Tröpfchen, wodurch eine disperse Phase entsteht und in den Zellen 6 eine intensive radiale Vermischung zwischen den Phasen eintritt. Die Tröpfchenbildung erfolgt schonend, wobei die Tröpfchengröße visuell gut wahrnehmbar und sehr gleichmäßig ist. Die Weite der im Verlauf der Schwingungen der Zungen 13a entstehenden Öffnungen verändert sich in Abhängigkeit von der Pulsationsgeschwindigkeit und der spezifischen Belastung selbsttätig. Wie bereits dargelegt, kann die Schwingungsamplitude der Zungen 13a mit Hilfe der Anschläge 12 begrenzt werden. Die in den Spalten 14 entstehenden großen Flüssigkeitsgeschwindigkeiten verhindern mit hoher Sicherheit das Entstehen von Verstopfungen.

In der unteren Absetzkammer 2 und der oberen Absetzkammer 3 der Kolonne 1 erfolgt die Trennung der Flüssigkeitsphasen lediglich unter Einwirkung der Gravitation. Die vom Wirkstoff befreite Flüssigkeit geringerer Dichte (das Raffinat) wird aus der oberen Absetzkammer über die Leitung 10 abgeführt, während die den Wirkstoff enthaltende Flüssigkeit größerer Dichte (das Extrakt) die Kolonne über die aus der unteren Absetzkammer 2 herausgeführte Leitung 8 die Kolonne 1 verläßt und über den Behälter 9a des Niveau- und Treibkraftreglers 9 durch die Leitung 11 abgeführt wird.

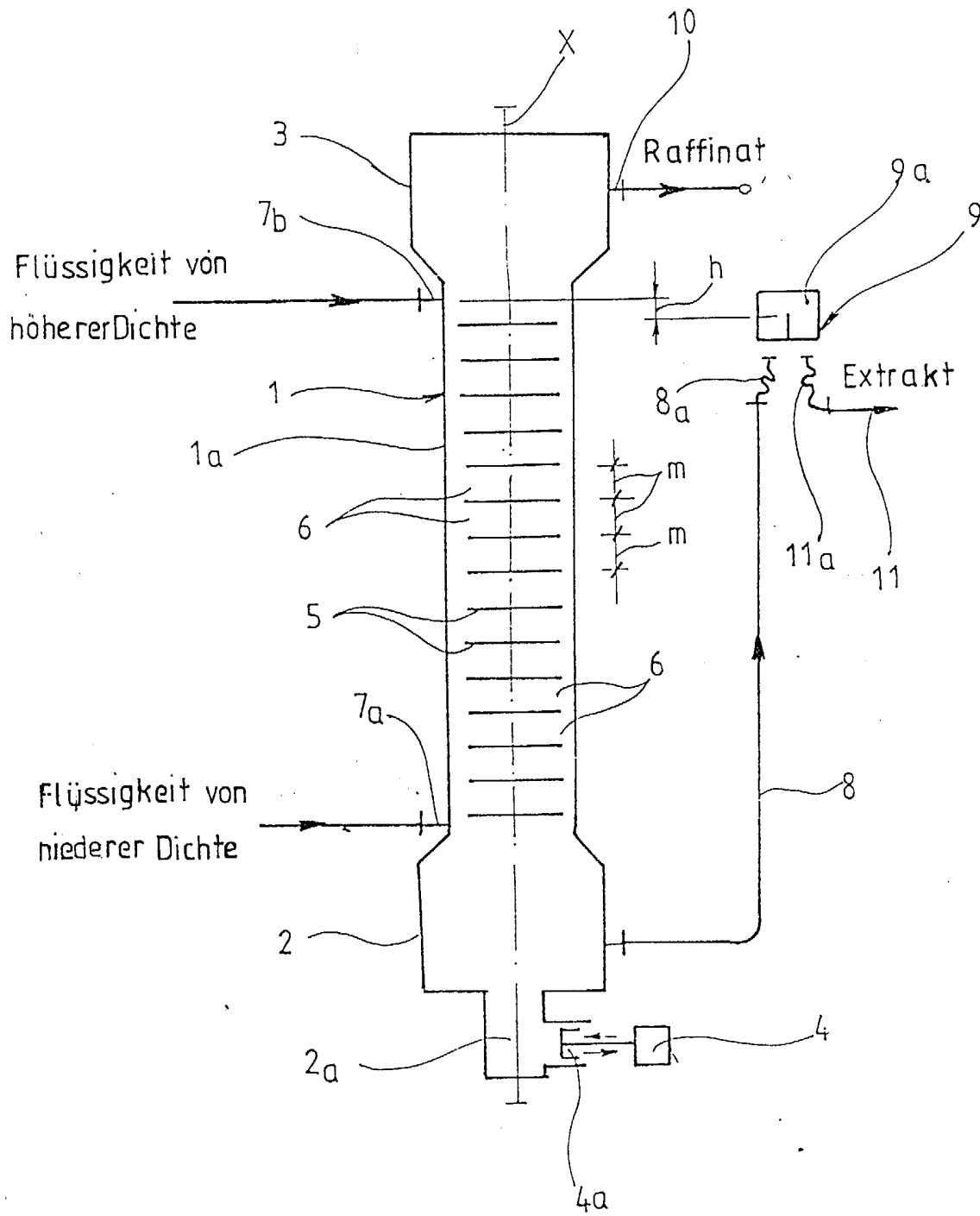
Bei der in Fig. 7 gezeigten Anlage zum Extrahieren von natürlichen Fermentsäften ist die Leitung 7a mit dem Behälter 17 des Fermentors 16 verbunden, in dem ein an sich bekannter Propeller-mischer angeordnet ist. Die Leitung 7b dient zur Zuführung eines Lösungsmittels. An die Leitung 7a, die den natürlichen Fermentsaft in die Kolonne 1 einleitet, sind Leitungen 19; 20 zur Zuführung einer Flüssigkeit angeschlossen, die den Extraktionsprozeß fördert. Die Anlage nach Fig. 7 arbeitet wie folgt:

Der die Biomasse enthaltende Fermentsaft ist die Phase mit der geringeren Dichte und das Lösungsmittel, beispielsweise das die Extraktionsflüssigkeit bildende Methylenchlorid, die Phase mit der größeren Dichte. Daraus folgt, daß die letztere von oben und die erstere von unten über die Leitungen 7b bzw. 7a in die Kolonne 1 eingeleitet werden. Die Belastung der Kolonne 1 ist zwischen 8 und 17 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ veränderbar. Die optimale Pulsationsgeschwindigkeit beträgt 0,6 cm/s. Das Lösungsmittel-Fermentsaft-Verhältnis liegt zwischen 1:1 und 1:2. Durch die Arbeit des Pulsators 4 werden die elastischen Zungen 13a in den Teller-elementen in Schwingungen versetzt und lösen, wie zu Fig. 1 bis 6 bereits beschrieben, eine schärende-dispergierende und radial mischende Wirkung zwischen den Flüssigkeitsphasen aus. Mit der erfindungsgemäßen Anlage kann bei der Extraktion ein Wirkungsgrad von 95 % erreicht werden. Der Fermentsaft wird auch in den Fällen extrahiert, in denen die Gefahr einer Emulsionsbildung besteht. Die Biomasse tritt während des ununterbrochenen Extraktionsprozesses vollständig mit dem Raffinat zusammen aus. Der Extrakt enthält somit bereits keine schwebenden Feststoffe mehr. Eine aus technischen Gründen eventuell erforderliche Unterbrechung des Betriebes beeinflusst den Extraktionsprozeß nur in unerheblichem Maße.

Die mit der Erfindung verbundenen Vorteile können wie folgt zusammengefaßt werden:

Die erfindungsgemäße Anlage ist hochbelastbar und gegenüber Belastungsänderungen nicht empfindlich. Sie arbeitet eines breiten Belastungsintervalls – auch aus der verminderten Rückmischung resultierend – mit hoher Effektivität. Außerordentlich günstig ist die theoretische Stufenzahl je lfdm, wodurch die Kolonnenhöhe und der Platzbedarf für die Anlage reduziert werden können. Gegenüber vergleichbaren Anlagen sind der Montage- und Kostenaufwand wesentlich niedriger. In Abhängigkeit vom Anlagenvolumen ist die erforderliche Aufenthaltsdauer der beiden zugeleiteten Phasen in einer theoretischen Stufe relativ niedrig, was die Effektivität der Extraktion günstig beeinflusst. Da die Anlage keine umlaufenden Bauteile besitzt, ist ihr Energiebedarf relativ klein. Bedingt durch den einfachen konstruktiven Aufbau fallen die Betriebs- und Investitionskosten dadurch sehr günstig aus. Von besonderer Bedeutung ist der Umstand, daß während des Extraktionsprozesses keine Emulsionen und infolge der hohen Zuflußgeschwindigkeit der Flüssigkeiten durch die mittels der Zungen in ihrer Breite veränderlichen Spalten keine durch Verstopfungen verursachten Ausfälle entstehen. Mit Hilfe der vorgeschlagenen Anlage können auch Flüssigkeiten, die eine feste Phase enthalten, extrahiert werden. Dadurch besteht die Möglichkeit zur Extraktion von Biomassen, die natürliche Fermentsäfte enthalten.

Die Erfindung beschränkt sich natürlich keineswegs auf die vorstehend ausführlich beschriebenen Beispiele, sondern kann innerhalb des durch die Ansprüche definierten Schutzzumfanges auf unterschiedliche Art und Weise verwirklicht werden.



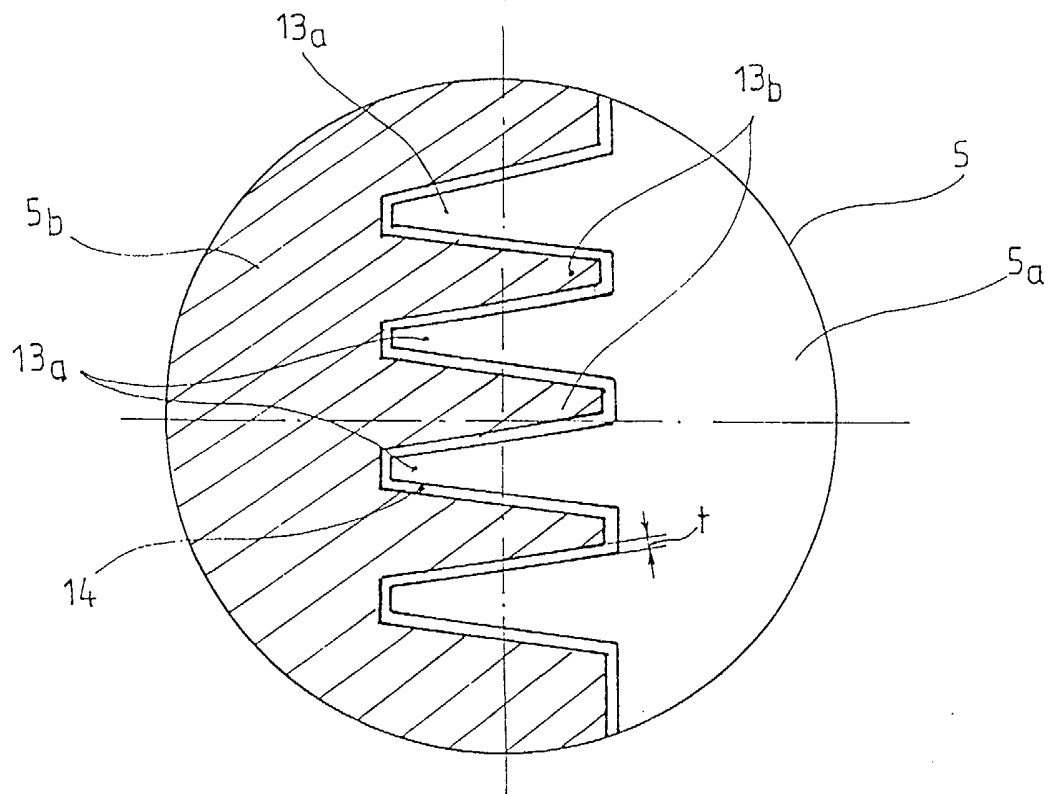


Fig. 3

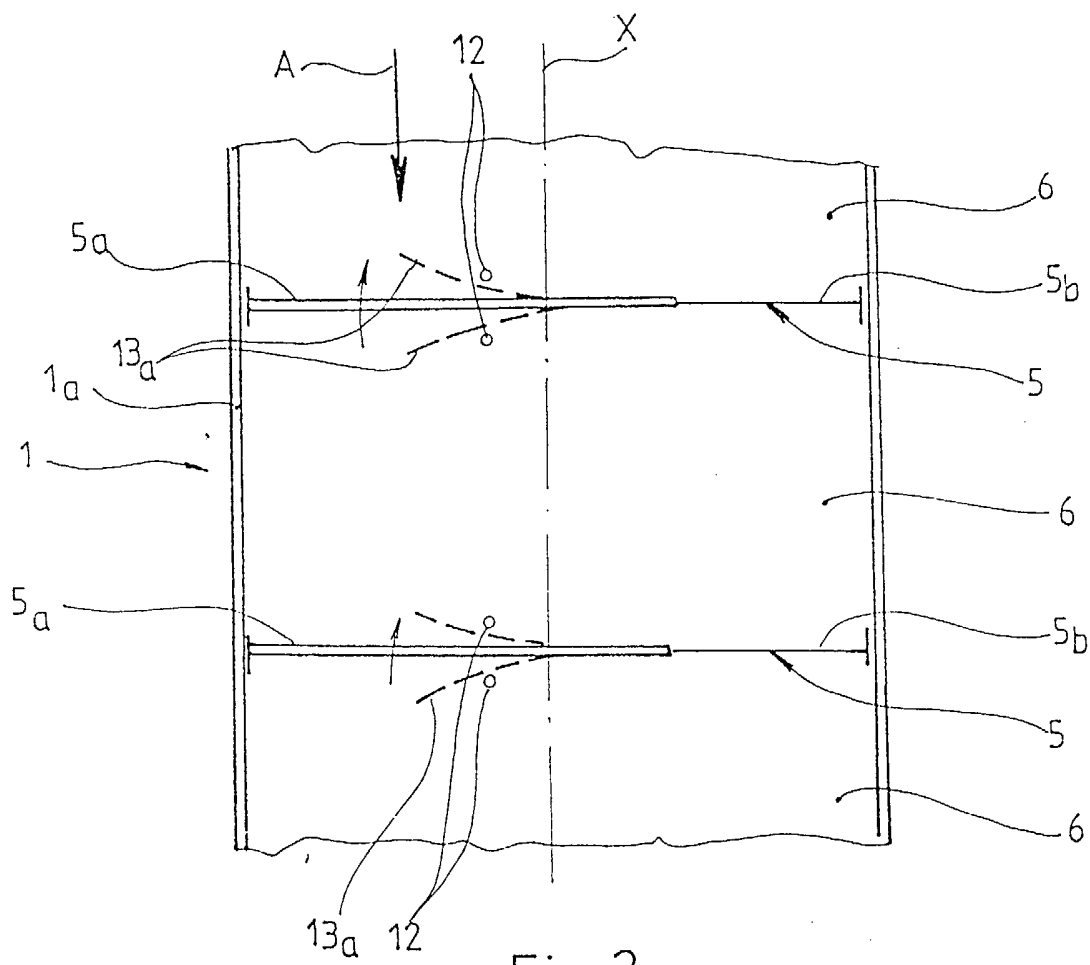


Fig. 2

298061

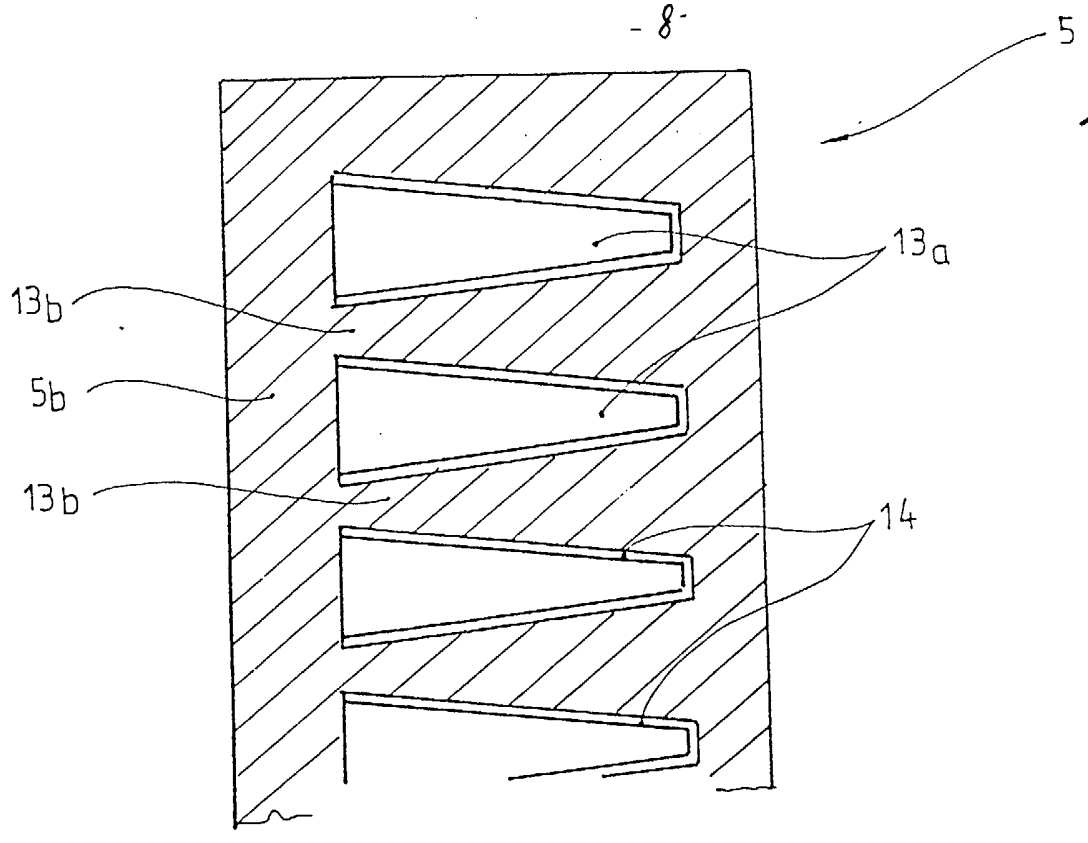


Fig. 4

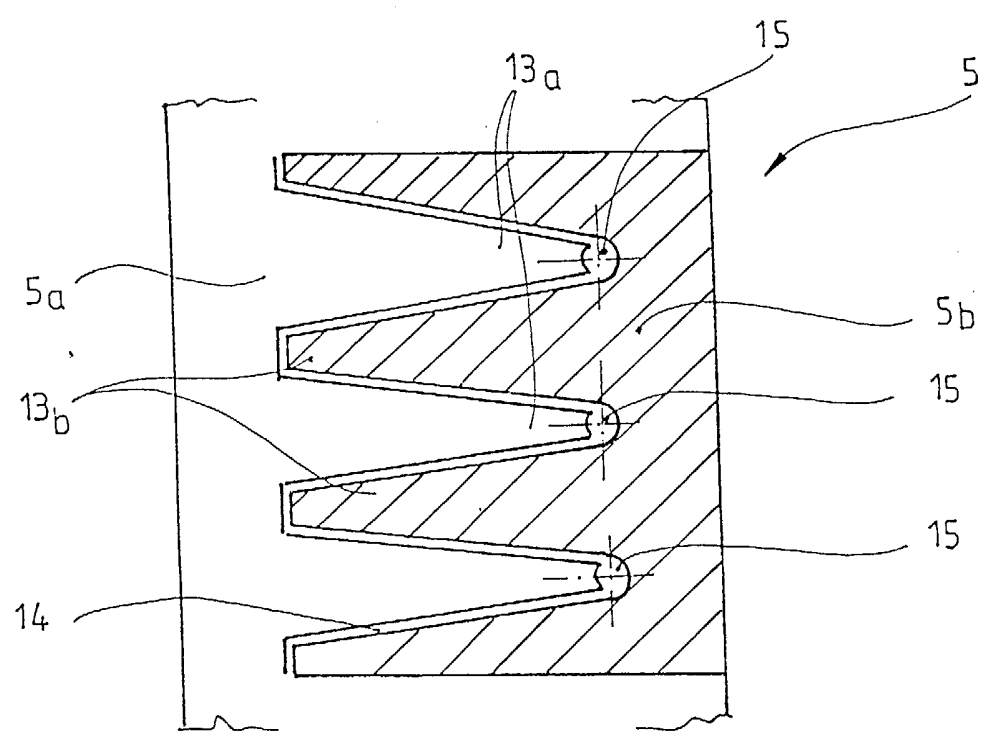


Fig. 5

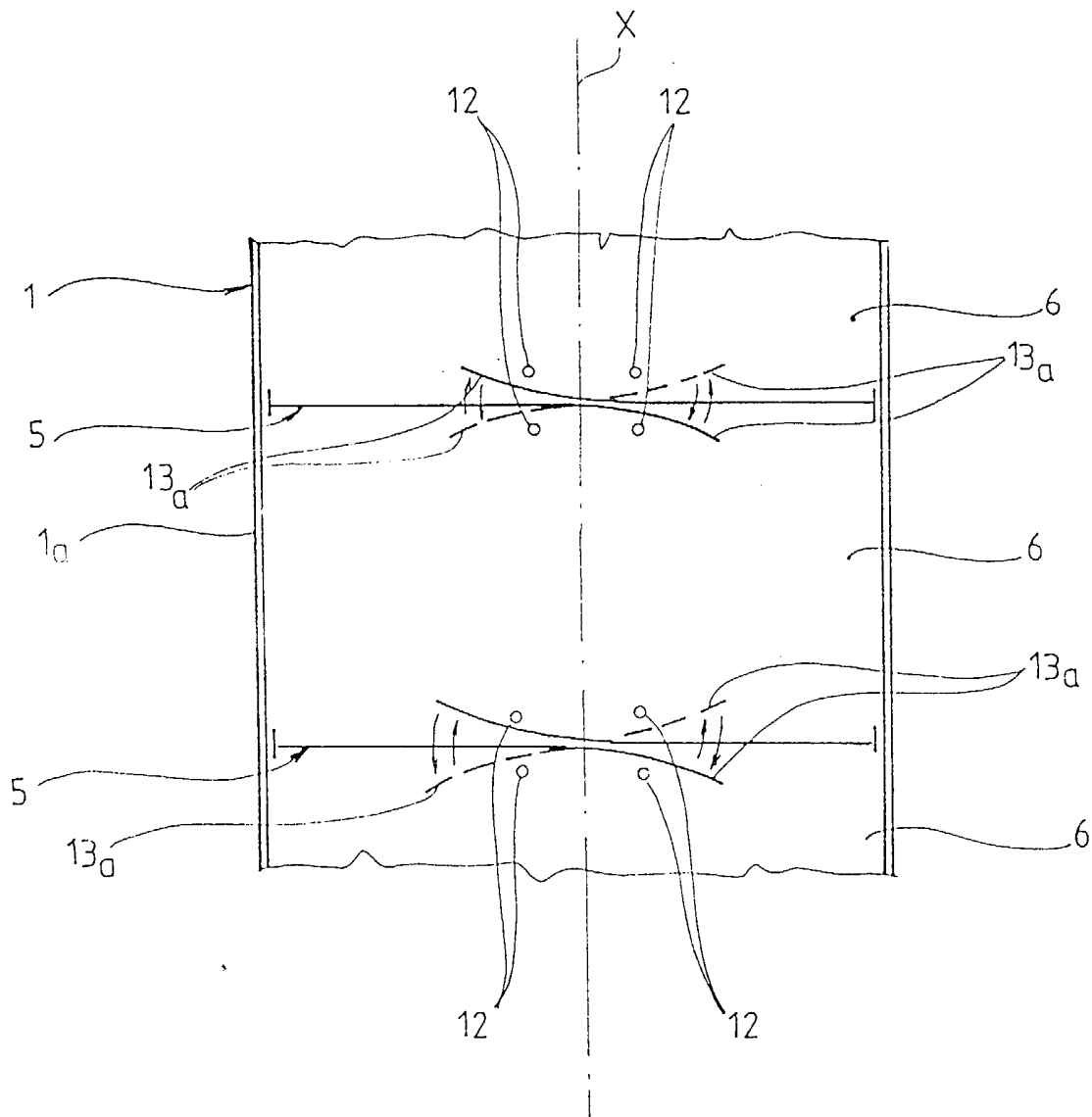


Fig.6

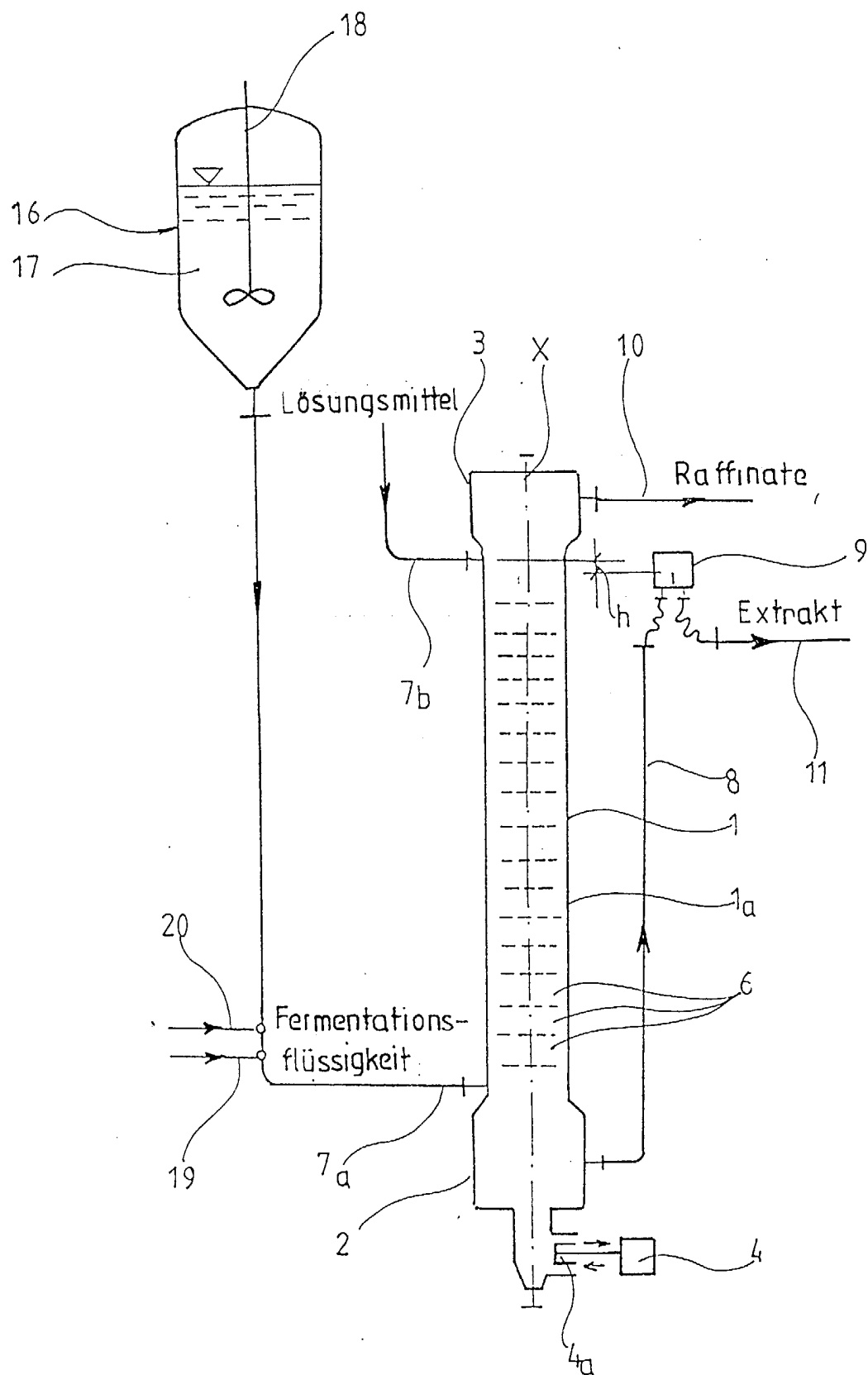


Fig. 7