



19 **Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 **PATENTSCHRIFT** A5

11

640 423

21 Gesuchsnummer: 5609/79

73 Inhaber:  
Kühni AG, Allschwil

22 Anmeldungsdatum: 15.06.1979

72 Erfinder:  
Cäsar Künzi, Allschwil  
Ulrich Bühlmann, Allschwil

24 Patent erteilt: 13.01.1984

45 Patentschrift  
veröffentlicht: 13.01.1984

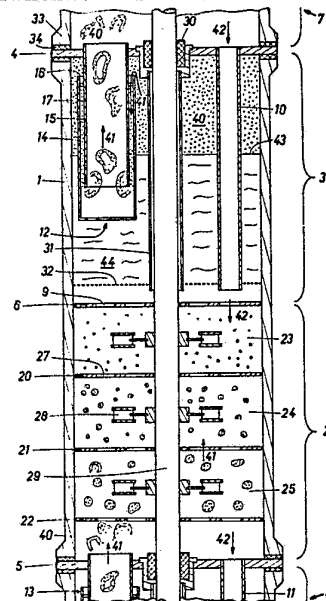
74 Vertreter:  
Hartmut Keller Dr. René Keller, Patentanwälte,  
Bern

54 **Stoffaustauschvorrichtung, insbesondere für die Extraktion.**

57 Ein Kolonnengehäuse ist durch horizontale Trennwände (4, 6, 5) in abwechselnd aufeinanderfolgende Misch- und Abscheidezonen (7, 3, 2, 8) unterteilt, die paarweise (2, 3) je eine Stufe einer mehrstufigen Gegenstrom-Stoffaustauschkolonne bilden. In der Mischzone (2) werden die Phasen durch Rührer (28) gemischt, die keine vertikale Förderwirkung haben; in der Abscheidezone (3) trennen sich die Phasen wegen ihres verschiedenen spezifischen Gewichts. Die Misch- und Abscheidezone (2, 3) jeder Stufe kommunizieren durch Durchlässe in der zwischen ihnen angeordneten Trennwand (6). Die Mischzonen (2, 7) benachbarter Stufen kommunizieren je durch ein Rohr (10), welches durch die zwischen ihnen liegende Abscheidezone (3) und die Trennwand (4), welche die benachbarten Stufen trennt, führt. Die aneinander angrenzende Misch- und Abscheidezone (7, 3) benachbarter Stufen kommunizieren durch ein vertikal in die Abscheidezone (3) ragendes Verbindungselement (12), das nach Art eines Siphons einen die Richtung umkehrenden Strömungsweg hat.

Im Betrieb strömt die spezifisch schwerere Phase durch die Rohre (10), welche die Mischzonen (2, 7) benachbarter Stufen verbinden, und die leichtere Phase strömt durch die Verbindungselemente (12), welche die aneinander angrenzenden Abscheide- und Mischzonen (3, 7) benachbarter Stufen verbinden. Die konstruktiv

einfache Kolonneneinrichtung vermeidet jegliche Rückmischung zwischen den Stufen.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Stoffaustauschvorrichtung für Stoffaustauschprozesse im Gegenstrom zwischen zwei spezifisch verschieden schweren, ineinander nicht oder nur teilweise löslichen Fluida, insbesondere für die Extraktion zweier Flüssigkeiten, mit mehreren übereinander angeordneten Stufen, an deren obersten das spezifisch schwerere Fluid zu- und das leichtere abgegeben und an deren untersten das leichtere Fluid zu- und das schwerere abgegeben wird, welche Stufen je aus einer Mischzone, in der die Fluida mittels einer Mischvorrichtung durchmischt werden, und einer Abscheidezone bestehen, in der sich die gemischten Fluida wegen ihres verschiedenen spezifischen Gewichts trennen, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenraum eines länglichen, vertikal stehenden Gehäuses (1) durch horizontale Trennwände (4, 5, 6) in abwechselnd aufeinanderfolgende, übereinanderliegende Misch- und Abscheidezonen (7, 3, 2, 8) unterteilt ist, die paarweise (2, 3) je eine Stufe bilden; dass die Misch- und die Abscheidezone (2, 3) jeder einzelnen Stufe durch Durchlässe (9) in der zwischen ihnen angeordneten Trennwand (6) und/oder einen Spalt zwischen dieser Trennwand und dem Gehäuse, die an dieselbe Abscheidezone (3) angrenzenden Bereiche je zweier Mischzonen (2, 7) durch wenigstens ein erstes Verbindungselement (10) und die aneinander angrenzenden Bereiche der Misch- und Abscheidezonen (7, 3) benachbarter Stufen je durch wenigstens ein zweites Verbindungselement (12) kommunizieren, welches zweite Verbindungselement (12) sich vertikal längs wenigstens eines Teils der betreffenden Abscheidezone (3) erstreckt, nach Art eines Siphons einen die Richtung umkehrenden Strömungsweg hat und das in den angrenzenden Bereich der Abscheidezone (3) abgeschiedene Fluid (40) in den angrenzenden Bereich der Mischzone (7) durchströmen lässt und für das andere Fluid (42) einen hydraulischen Verschluss bildet.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischvorrichtungen (28) so ausgebildet sind, dass sie keine Förderwirkung in vertikaler Richtung haben.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand des in die Abscheidezone (3) mündenden Endes (16) des Strömungswegs des zweiten Verbindungselements (12) von der Trennwand (4), welche die benachbarten Stufen trennt, nur ein Bruchteil der halben Höhe der Abscheidezone (3) ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in die Abscheidezonen (3, 8) Koleszenzhilfen, z. B. Füllkörper- oder Maschendraht-Packungen, eingebaut sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Verbindungselement (12) einen topfförmigen, vertikal in der Abscheidezone (3) gehaltenen, mit seiner offenen Seite (16) der Trennwand (4), welche die benachbarten Stufen abtrennt, zugewandten Behälter (14) aufweist, in den ein den lichten Behälterquerschnitt nur teilweise ausfüllendes Rohrstück (15) ragt, das dicht durch die Trennwand (4) in den angrenzenden Bereich der Mischzone (7) geführt ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Verbindungselement U-förmig ist, seine Schenkel vertikal in der Abscheidezone verlaufen und das freie Ende des einen dicht durch die Trennwand, welche die benachbarten Stufen abtrennt, in den angrenzenden Bereich der Mischzone geführt ist und das freie Ende des anderen im angrenzenden Bereich der Abscheidezone liegt und auf die Trennwand gerichtet ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischvorrichtungen (28) aller Mischzonen (2, 7) auf einer oder mehreren vertikal durch den Innenraum des ganzen Gehäuses (1) verlaufenden Welle

(29) sitzen, die an den Trennwänden (4, 5), welche die Stufen voneinander trennen, abgedichtet (30) ist und in jeder Abscheidezone (3, 8) von einem Abschirmrohr (31) umschlossen ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Verbindungselement ein Rohr (10) ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass jedes der Rohre (10), durch welches die an dieselbe Abscheidezone (3) angrenzenden Bereiche zweier Mischzonen (2, 7) kommunizieren, vertikal durch die Abscheidezone (3) verläuft, und dass der Mantel des einen Rohrendes dicht in derjenigen der beiden die Abscheidezone (3) von den Mischzonen (2, 7) trennenden Trennwände (4, 6) sitzt, welche (4) die benachbarten Stufen trennt und das andere Rohrende an oder in die Durchlässe (9) der anderen (6) dieser Trennwände (4, 6) oder den Spalt geführt ist, oder durch die andere Trennwand (6) hindurchgeführt ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das andere Rohrende umgebogen ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass jede Mischzone (2) durch horizontale Zwischenwände (20, 21, 22) in mehrere Mischkammern (23, 24, 25) unterteilt ist, welche durch Durchlässe (27) in den Zwischenwänden (20, 21, 22) und/oder Spalte zwischen den Zwischenwänden und dem Gehäusmantel miteinander kommunizieren.

Die Erfindung betrifft eine Stoffaustauschvorrichtung der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art.

Stoffaustauschvorrichtungen, insbesondere Extraktionsvorrichtungen, mit mehreren, je aus einer Misch- und einer Abscheidezone gebildeten Stufen werden auch als Mischer-Abscheider bezeichnet. Die Mischer-Abscheider mit übereinander angeordneten Stufen, von denen die Erfindung ausgeht, haben gegenüber den Mischer-Abscheidern mit nebeneinander angeordneten Stufen, beispielsweise den sogenannten Mischer-Abscheidern in Kastenbauweise, den Vorteil, dass sie keine grosse Bodenfläche benötigen.

Eine Stoffaustauschvorrichtung der eingangs genannten Art ist der sogenannte Lurgi-Turm-Extraktor, dessen Prinzip im Artikel von H. W. Brandt et al. «Moderne Flüssig/Flüssig-Extraktoren-Übersicht und Auswahlkriterien», Chem.-Ing.-Tech. 50 (1978) Nr. 5, S. 345-354, erläutert ist. Bei diesem Extraktor sind sämtliche Abscheidezonen in einer Turmkonstruktion unmittelbar übereinander angeordnet. Die Mischzonen sind neben den zugehörigen Abscheidezonen angeordnet und mit Mischpumpen versehen, welche beide Phasen von unten nach oben fördern. Jede Mischzone kommuniziert unten mit den unteren Bereichen der Abscheidezonen ihrer und der nächstoberen Stufe und dem oberen Bereich der Abscheidezone der nächstunteren Stufe und oben mit dem mittleren Bereich der Abscheidezone ihrer Stufe. Drosselklappen an den oberen Ausgängen der Misch- und der Abscheidezonen regeln den jeweiligen Fluss.

Bei dem bekannten Extraktor werden die beiden Phasen in der Mischzone nicht im für den Stoffaustausch optimalen Gegenstrom, sondern im Gleichstrom und zwar von unten nach oben gefördert. Dies führt zu einem internen Kreislauf der schwereren Phase in jeder Stufe, welcher die Mitreissrate erhöht und dadurch den Stufenwirkungsgrad verschlechtert. Nachteilig ist auch, dass die Mischpumpen die Phasen transportieren müssen, weil die optimale Drehzahl der Pumpe für

die Vermischung der Phasen in der Regel anders ist als für deren Transport. Bei Änderungen oder Fluktuationen in der Zulaufdosierung (dem zugeführten Volumenstrom der Phasen) muss ausserdem der Durchfluss in den Mischzonen mittels der Drosselklappen angepasst werden, was einen hohen Regelaufwand erfordert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine konstruktiv einfache, besonders für extreme Phasenverhältnisse geeignete Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, welche Rückmischungen durch Kreisströmungen und besonders Rückmischungen zwischen den einzelnen Stufen vermeidet, eine ausreichende Verweilzeit der Phasen in den einzelnen Stufen gewährleistet, ohne Regelung auch bei Änderungen in der Zulaufdosierung zuverlässig arbeitet und die übrigen erwähnten Nachteile der bekannten Vorrichtung vermeidet.

Die erfindungsgemässe Lösung dieser Aufgabe ist Gegenstand des Patentanspruchs 1. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den Ansprüchen 2 bis 11 umschrieben.

Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der beiliegenden schematischen Zeichnung näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 einen teilweisen Achsenlängsschnitt durch eine Mehrstufenkolonne zur Gegenstromextraktion von Flüssigkeiten und

Fig. 2 bis 4 schematische Darstellungen von Varianten der Kolonne.

Der Innenraum des in Fig. 1 dargestellten, vertikal stehenden, zylindrischen Kolonnengehäuses ist durch horizontale Trennwände in abwechselnd aufeinanderfolgende, übereinanderliegende Misch- und Abscheidezonen unterteilt, die paarweise die verschiedenen Stufen der Kolonne bilden. In der Zeichnung ist lediglich eine Stufe dargestellt, deren Gehäusemantel mit 1 und deren Misch- und Abscheidezone mit 2 und 3 bezeichnet sind. Entsprechend sind lediglich drei der genannten Trennwände sichtbar, nämlich die beiden Trennwände 4 und 5, welche die dargestellte Stufe von der benachbarten oberen und unteren Stufe trennen, und die Trennwand 6, welche die Misch- und Abscheidezone 2 und 3 der dargestellten Stufe voneinander abtrennt. Von der oben auf die Abscheidezone 3 folgenden Mischzone der oberen Stufe und der unten auf die Mischzone 2 folgenden Abscheidezone der unteren Stufe sind nur die unmittelbar an die Trennwände 4 und 5 angrenzenden Bereiche 7 und 8 sichtbar. Die obere und untere Stufe sind – wie die weiteren Stufen – gleich wie die Stufe 2, 3 aufgebaut; das im folgenden für die Stufe 2, 3 Gesagte gilt deshalb entsprechend für die übrigen Stufen der Mehrstufenkolonne.

Die Misch- und die Abscheidezone 2 und 3 kommunizieren durch Durchlässe 9 in der Trennwand 6. Die gesamte Querschnittsfläche der Durchlässe beträgt etwa 30% der lichten Querschnittsfläche des zylindrischen Gehäuses 1. Die einander zugewandten, an die Abscheidezone 3 angrenzenden Bereiche der Mischzonen 2 und 7 der dargestellten und der benachbarten oberen Stufe kommunizieren durch ein vertikal durch die Abscheidezone 3 verlaufendes Rohr 10. Der Mantel des oberen Rohrendes sitzt dicht in einer Öffnung der Trennwand 4 und sein oberer Rand ist bündig mit deren oberen Fläche. Das Rohr 10 endet unten wenig oberhalb eines der Durchlässe 9 der Trennwand 6.

Der Durchmesser des Rohres 10 ist so gross bemessen, dass der Volumenstrom der kontinuierlichen, spezifisch schwereren Phase auch bei maximaler Zulaufdosierung ohne weiteres durch das Rohr 10 strömen kann. Von dem entsprechenden Rohr, welches durch die Abscheidezone 8 der unteren Stufe verläuft und durch welches die Mischzone 2 mit der (nicht dargestellten) Mischzone der unteren Stufe kom-

muniziert, ist das obere, in einer Öffnung der Trennwand 5 sitzende Ende sichtbar, das mit 11 bezeichnet ist. Die aneinander angrenzenden Bereiche der Misch- und Abscheidezonen benachbarter Stufen, in der Zeichnung also der obere Bereich der Abscheidezone 3 und der untere Bereich der Mischzone 7 sowie der untere Bereich der Mischzone 2 und der obere Bereich der Abscheidezone 8, kommunizieren je durch ein Verbindungselement 12 bzw. 13, deren letzteres nur teilweise dargestellt ist. Jedes dieser Verbindungselemente 12 und 13 ist – wie beim Verbindungselement 12 gezeigt – nach Art eines Siphons ausgeführt und hat einen topfförmigen Behälter 14, durch dessen der Trennwand 4 zugewandte Öffnung ein Rohrstück 15 geführt ist, dessen Ausseiwand in einem Abstand von der Innenwand des Behälters 14 gehalten ist. Das obere Ende des Rohrstücks 15 ist dicht durch die Trennwand 4 hindurchgeführt. Das Verbindungselement 12 erstreckt sich bis in einen mittleren Bereich der Abscheidezone 3; die durch das Rohrstück 15 nur teilweise ausgefüllte Behälteröffnung 16 liegt in einem Abstand unter der Trennwand 4, welcher nur ein Bruchteil der halben Höhe der Abscheidezone 3 ist. Das obere Ende 16 des zwischen dem Rohrstück 15 und dem Behälter 14 gebildeten Ringspaltes 17 und das obere Ende des Rohrstückes 15 münden in die aneinander angrenzenden Bereiche der Abscheide- und der Mischzone 3 und 7; der Strömungsweg verläuft im Ringspalt 17 und im Rohrstück 15 vertikal in entgegengesetzter Richtung.

Die Mischzone 2 ist – wie jede der übrigen Mischzonen – durch horizontale Zwischenwände 20, 21, 22 in drei Mischkammern 23, 24 und 25 unterteilt, wobei einander benachbarte Kammern durch Durchlässe 27 miteinander kommunizieren, welche dieselbe Querschnittsfläche haben wie die Durchlässe 9. In jeder der Mischkammern 23 bis 25 ist ein Flügelrührer 28 angeordnet. Die Flügelrührer 28 der Mischzonen aller Stufen sitzen auf einer vertikal durch den Innenraum des ganzen Gehäuses verlaufenden Welle 29 und sind so ausgebildet, dass sie keinerlei Förderwirkung in vertikaler Richtung haben. An den Trennwänden 4, 5, welche die Stufen voneinander trennen, ist die Welle 29 in einer Lagerdichtung 30 gelagert, die Trennwand 6 und die Zwischenwände 20, 21 und 22 haben lediglich ein der Welle mit Spiel angepasstes Loch.

Damit die rotierende Welle 29 keine Turbulenzen in den Abscheidezonen verursachen kann, ist sie in jeder Abscheidezone 3, 8 von einem Abschirmrohr 31 umschlossen. In jeder Abscheidezone 3, 8 ist ferner unten ein Halterost 32 angeordnet, der eine die Abscheidezone ausfüllende, in der Zeichnung nicht dargestellte Koaleszenzhilfe, z. B. Füllkörper oder ein Metallnetz, hält bzw. abstützt.

Die Trennwand 6 und die Zwischenwände 20, 21, 22 sind durch (nicht dargestellte) Distanzrohre in Abständen voneinander und von der Trennwand 4 gehalten und mittels (ebenfalls nicht dargestellter) Zuganker, die durch die Distanzrohre und diese Wände 6, 20, 21, 22 hindurchgehen, an der Trennwand 4 befestigt. Die zwischen den Stufen angeordneten Trennwände 4, 5, die im Gegensatz zur innerhalb der Stufe angeordneten Trennwand 6 und den Zwischenwänden 20, 21, 22 dicht mit dem Gehäusemantel 1 verbunden sein müssen, sind zwischen Flanschen 33 des Gehäusemantels 1 gehalten und durch Dichtungen 34 abgedichtet. Diese dichte Trennung der Stufen verhindert jegliche Rückmischung zwischen den Stufen.

Die dargestellte Mehrstufenextraktionskolonne eignet sich besonders für die Gegenstromextraktion bei extremen Phasenverhältnissen, wenn etwa der Volumenstrom der zu dispergierenden Phase ein Vielfaches, z. B. das Fünzigfache des Volumenstromes der kontinuierlichen Phase ausmacht. In der dargestellten Lage ist die Kolonne zum Dispergieren

einer spezifisch leichteren Phase (z. B. Toluol) in einer spezifisch schwereren Phase (z. B. Wasser) bestimmt. Für die erste Inbetriebnahme der Kolonne wird zunächst die kontinuierliche, schwere Phase (Wasser) eingefüllt, bis die Abscheide- und Mischzonen aller Stufen vollständig aufgefüllt sind. Die im Betrieb der Kolonne an der (nicht dargestellten) untersten Stufe zugeführte, leichtere Phase ist in der Zeichnung punktiert angedeutet und mit 40 bezeichnet, ihre (aufsteigende) Bewegungsrichtung zeigen Pfeile 41 an. Die im Betrieb an der (nicht dargestellten) obersten Stufe zugeführte, schwerere Phase ist nur durch in ihre (absinkende) Bewegungsrichtung zeigende Pfeile 42 angedeutet.

Von der in der Zeichnung untersten Abscheidezone 8 steigt die leichtere Phase – wie weiter unten näher erläutert – durch das Verbindungselement 13 in die unterste Kammer 25 der Mischzone 2. Durch die Durchlässe 27 gelangt sie dann nacheinander in die anderen Kammern 24 und 23 der Mischzone, in denen sie durch die Flügelräder 28 mit der kontinuierlichen Phase schrittweise mehr und mehr durchmischt wird. Die so erzeugte Dispersion gelangt dann durch die Durchlässe 9 in die Abscheidezone 3, wo sich die Phasen wieder trennen: Die aus der durch Wellenlinien angedeuteten Dispersionsschicht 44 abgeschiedene leichtere Phase 40 sammelt sich im oberen Teil der Abscheidezone 3, wobei sich eine (stationäre) Phasengrenze 43 zwischen der aus der leichteren Phase 40 bestehenden Schicht im oberen Teil und der Dispersionsschicht 44 im unteren Teile der Abscheidezone 3 selbsttätig einstellt, ohne dass irgendeine Regelung erforderlich wäre. Durch die weitere Abscheidung der leichteren Phase wird die jeweils am Eingang (oberen Ende) des Ringspalts 17 befindliche, leichtere Phase durch den Ringspalt 17 nach unten bis an den unteren Rand des Rohrstücks 15 gedrückt, von wo sie durch das Rohrstück 15 nach oben in die Mischzone 7 der oberen Stufe steigt, wo sie – wie oben beschrieben – mit der schwereren Phase durchmischt und in der darüber anschließenden, (nicht dargestellten) Abscheidezone (der oberen Stufe) wieder von ihr getrennt wird.

Bei der ersten Inbetriebnahme ist die Kolonne – wie erwähnt – vollständig mit der schwereren Phase gefüllt. Deren Zulaufdosierung bewirkt nur eine Durchströmung der Mischzonen, nicht aber der Abscheidezonen: In der obersten, in der Zeichnung sichtbaren Zone, der Mischzone 7, sinkt die schwerere, kontinuierliche Phase in den an die Trennwand 4 angrenzenden Bereich. Von dort strömt sie durch das Rohr 10 und die Durchlässe 9 direkt in die oberste Kammer 23 der folgenden Mischzone 2, worauf sie durch deren Kammer 24 in die unterste Kammer 25 und durch das Rohr 11 in die Mischzone der folgenden unteren Stufe strömt.

Wenn die Zulaufdosierung der Phasen unterbrochen wird, strömen die leichte und die schwere Phase nicht mehr durch die Verbindungselemente 12, 13 und die Rohre 10, 11, sondern bleiben in der jeweiligen Stufe, die einzelnen Stufen sind dann hydraulisch vollständig voneinander getrennt. Aus diesem Grunde bleibt das Phasen-Konzentrationsprofil in den Stufen über praktisch beliebig lange Zeit erhalten. Dies hat den Vorteil, dass die Kolonne auch nach längeren Betriebsunterbrüchen mit einer kurzen Anfahrzeit wieder in Betrieb gesetzt werden kann. Bei den herkömmlichen Kolonnen sammelte sich dagegen nach einem längeren Betriebsunterbruch der gesamte Anteil der spezifisch leichteren Phase im oberen und der schwereren Phase im unteren Teil der Kolonne. Für die erneute Inbetriebnahme waren bei den herkömmlichen Kolonnen deshalb lange Anfahrzeiten erforderlich.

Zum Dispergieren einer spezifisch schwereren in einer spezifisch leichteren Flüssigkeit ist die Kolonne so auszuführen, dass die Verbindungselemente 12, 13 statt nach unten

nach oben in die Abscheidezonen 3, 8 ragen; was in bezug auf die Zeichnung bedeutet, dass die Figur auf den Kopf zu stellen (um 180° in der Zeichenebene zu drehen) ist.

Die Vorrichtung kann statt für Extraktionen auch für (chemische) Reaktionen und mikrobiologische Verfahren verwendet und nicht nur mit zwei Flüssigkeiten, sondern z. B. auch mit einem Gas und einer Flüssigkeit betrieben werden.

Wenn die Vorrichtung für die Gegenstromreaktion zwischen einem gasförmigen und einem flüssigen Medium verwendet werden soll, werden die Verbindungselemente 12, 13 abweichend von der Zeichnung zweckmässig koaxial mit der Welle 29 angeordnet, d. h. diese wird durch das Rohrstück 15 und den Boden des Behälters 14 geführt, wobei die Lagerdichtung am Behälterboden anzubringen ist. Die Zwischenwand 22 wird dabei zweckmässig weggelassen und das Rohrstück des Verbindungselements 13 bis unmittelbar an den Rührer 28 der Kammer 25 geführt. Das aufsteigende Gas (z. B. Luft) strömt dann durch das Verbindungselement 13 unmittelbar in Richtung auf die Flügelrührer 28, was eine optimale Durchmischung gewährleistet. Damit das Gas auch in den oberen Kammern 23 und 24 der Mischzone 2 zu den Rührern 28 geführt wird, werden die Zwischenwände 20 und 21 zweckmässig glocken- oder trichterförmig ausgeführt. Selbstverständlich ist diese Ausführungsform auch für Stoffaustauschprozesse zwischen zwei Flüssigkeiten geeignet.

Bei einer weiteren, nicht dargestellten Variante ist das untere Ende des Rohrs 10 umgebogen. Dadurch wird vermieden, dass die Dispersion durch das Rohr nach oben steigt, was bei extrem geringen Zulaufdosierungen der schweren, kontinuierlichen Phase möglich sein könnte.

Das Rohr 10, durch welches die benachbarten Mischzonen 2 und 7 kommunizieren, könnte auch ausserhalb des zylindrischen Gehäuses 1 entlang der Abscheidezone 3 geführt sein und beispielsweise je unmittelbar über der Trennwand 4 und 6 in den Gehäuseinnenraum münden. (Entsprechend wären die übrigen Rohre 11, ... anzuordnen).

Der Mantel des Kolonnengehäuses 1 könnte um die Abscheidezonen 3, 8 herum auch doppelwandig ausgeführt und die Trennwände 4, 5, welche die Stufen voneinander trennen, könnten dicht an der inneren Wand des doppelwandigen Mantels der angrenzenden Abscheidezone befestigt sein, so dass die an dieselbe Abscheidezone angrenzenden Bereiche zweier Mischzonen durch den zwischen den beiden Wänden des doppelwandigen Mantels gebildeten Ringspalt kommunizieren würden. Die Rohre 10, 11 könnten bei dieser Ausführungsform entfallen.

Die Verbindungselemente 12, 13, durch welche die aneinander angrenzenden Misch- und Abscheidezonen 7 und 3 bzw. 2 und 8 benachbarter Stufen kommunizieren, könnten auch durch V- oder U-förmig gebogene Rohre gebildet sein. Dabei wäre z. B. das freie Ende des einen der beiden schräg oder vertikal in der Abscheidezone 3 bzw. 8 verlaufenden Schenkel dicht durch die Trennwand 4 bzw. 5 in die Mischzone 7 bzw. 2 und das freie Ende des anderen Schenkels in der Abscheidezone 3 bzw. 8 bis nahe an die Trennwand 4 bzw. 5 zu führen. Die beispielsweise U-förmig ausgebildeten Verbindungselemente könnten auch ausserhalb des Kolonnengehäuses angeordnet sein, wobei ihre beiden Enden je knapp über- und unterhalb der jeweiligen Trennwand 4 bzw. 5 in den Gehäuseinnenraum zu führen wären. Für die Verbindungselemente 12, 13 sind noch verschiedene andere, nach Art eines Siphons mit die Richtung umkehrendem Strömungsweg ausgeführte Ausführungsformen möglich. Beispielsweise könnte eine zu einem Ring gebogene Rinne koaxial zur Welle 29, nahe dem Gehäusmantel 1 angeordnet, die Trennwand 4, 5 mit einem Ringschlitz versehen, die äussere Seitenwand der Rinne mit dem den Ringschlitz aus-

sen begrenzenden Trennwandrand verbunden und der den Ringschlitz innen begrenzende Trennwandrand in die Rinne hinein umgebördelt und an ihm ein Ringmantel befestigt sein, dessen unterer Rand einen Abstand vom Rinnenboden hat.

Die benachbarten Mischzonen könnten statt durch jeweils ein Rohr 10, 11 auch durch mehrere solcher Rohre kommunizieren. Ebenso könnten die aneinander angrenzenden Misch- und Abscheidezonen benachbarter Stufen statt durch je ein Verbindungselement 12, 13 auch durch mehrere solcher Verbindungselemente kommunizieren.

Damit sich beim Einfüllen der kontinuierlichen, schweren Phase (z. B. Wasser) in das Kolonnengehäuse (vor der ersten Inbetriebnahme) keine Luftblasen in den oberen Bereichen der Abscheidezonen 3, 8 bilden, können absperrbare Entlüftungskanäle im Gehäuse 1 vorgesehen sein. Zum selben Zweck könnten auch kleinste Löcher in den Trennwänden 4, 5 vorgesehen sein, welche nur die Luft, nicht aber die (flüssigen) Phasen (bzw. nur vernachlässigbare Mengen der Phasen) durchlassen.

Die in Fig. 1 dargestellte Kolonne wird verhältnismässig gross ausgeführt. Kleinere Ausführungsformen der Kolonne werden zweckmässig so, wie dies weiter unten im Zusammenhang mit Fig. 2 bis 4 beschrieben ist, ausgebildet. Dies hat folgenden Grund: Wenn man die in Fig. 1 dargestellte Kolonne sehr klein ausführt, wird der Querschnitt des nach Art eines Siphons ausgebildeten Verbindungselements 12 so klein, dass dieses – von einer bestimmten Grenze des Durchsatzes der leichten Phase an – nicht mehr die gewünschte Wirkung gewährleistet: Das Steigrohr 15 kann sich dann nämlich vollständig mit der leichten Phase 40 füllen, was ein Absaugen der abgetrennten, leichten Phase aus der Abscheidezone 3 zur Folge hat. Die Trennschicht 43 zwischen abgeschiedener, leichter Phase 40 und Dispersionsschicht 44 steigt deshalb bis zur Gleichgewichtslage bzw. zur Öffnung 16 des mit leichter Phase gefüllten Siphons 12. Darauf bricht die Strömung ab, und die Trennschicht 43 sinkt wieder so weit, bis erneut leichte Phase 40 durch den Siphon zu strö-

men beginnt. Diese Instabilität ist für den Betrieb der Kolonne äusserst unerwünscht. Die im folgenden anhand Fig. 2 bis 4 beschriebenen Varianten vermeiden diese Instabilität auch bei kleinsten Kolonnen zuverlässig. Gemeinsam ist ihnen ein zusätzliches Verbindungsmittel zwischen dem topfförmigen Behälter 14 und der darüberliegenden Mischzone 7. Das Absaugen der leichten Phase wird durch dieses als Entlastung wirkende, zusätzliche Verbindungsmittel zuverlässig verhindert.

Bei der Variante nach Fig. 2 mündet in den unteren Teil des topfförmigen Behälters 14 ein das Absaugen der leichten Phase verhinderndes, zusätzliches Rohrstück 35, das durch die Trennwand 4 in die Mischzone 7 geführt und darin am Ende abgelenkt ist. Das obere Ende des Rohrstücks 35 ragt deswegen über das obere Ende des Rohrstücks 15 hinaus in die Mischzone 7 und ist darin abgelenkt, damit die oben aus dem Rohrstück 15 austretende leichte Phase 41 nicht wieder durch das Rohr 35 in das Verbindungselement 12 zurückgelangt. Mit der dargestellten Ausbildung des Endes des Rohrstücks 35 nimmt dieses praktisch ausschliesslich die in der Mischzone 7 befindliche, schwere Phase 42 auf. Der untere Rand des Rohrstücks 15 hat ferner zackenförmige Aussparungen 36, was ebenfalls zur Vermeidung eines Absaugens der leichten Phase beiträgt. Bei der Variante nach Fig. 3 ist das Verbindungsmittel ein U-Rohr 37 mit ungleich langen Schenkeln. Das Ende des kürzeren Schenkels sitzt im Boden des topfförmigen Behälters 14, das Ende des längeren Schenkels in der Trennwand 4. Bei der in Fig. 4 dargestellten Variante verbindet schliesslich ein horizontales Rohr 38 den unteren Teil des topfförmigen Behälters 14 mit dem Rohr 10, das mit der oberen Mischzone 7 kommuniziert. Wenn das Verbindungselement 12 (bzw. 13) anders als in der Zeichnung, z. B. als U- oder V-förmiges Rohr ausgebildet ist, wird das zusätzliche Verbindungsmittel 35, 37 oder 38 ebenfalls in den Teil des Verbindungselements geführt, in welchem der Strömungsweg umkehrt, bei U-förmigem Verbindungselement also in dessen gebogenen Teil.

Fig. 1

