

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 669 852 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**12.06.1996 Patentblatt 1996/24**

(21) Anmeldenummer: **93920760.1**

(22) Anmeldetag: **18.09.1993**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B01F 5/10**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP93/02527**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 94/11097 (26.05.1994 Gazette 1994/12)**

**(54) VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR LÖSUNG EINER GASMENGE IN EINER STRÖMENDEN FLÜSSIGKEITSMENGE**

PROCESS AND DEVICE FOR DISSOLVING A QUANTITY OF GAS IN A FLOWING LIQUID QUANTITY

PROCEDE ET INSTALLATION POUR DISSOUDRE UNE QUANTITE DE GAZ DANS UN FLUX D'UNE QUANTITE DE LIQUIDE

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

(30) Priorität: **19.11.1992 DE 4238971**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**06.09.1995 Patentblatt 1995/36**

(73) Patentinhaber: **OTTO TUCHENHAGEN GmbH & Co. KG**  
**D-21514 Büchen (DE)**

(72) Erfinder: **GROSSMANN, Holger**  
**D-2102 Hamburg (DE)**

(74) Vertreter: **DIEHL GLAESER HILTL & PARTNER**  
**Patentanwälte**  
**Königstrasse 28**  
**22767 Hamburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A-88/02276**                    **DE-C- 398 640**  
**FR-A- 909 115**                **FR-A- 2 123 649**  
**FR-A- 2 530 484**              **GB-A- 1 589 306**  
**US-A- 3 900 420**               **US-A- 4 584 002**

**EP 0 669 852 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lösung einer Gasmenge in einer strömenden Flüssigkeitsmenge nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Anordnung zum Durchführen des Verfahrens.

Ein Verfahren der einleitend gekennzeichneten Gattung und eine Anordnung zum Durchführen des Verfahrens sind aus der WO-A-8802276 bekannt. Die in der bekannten Anordnung verwendete Trenneinrichtung weist eine für die blasenfreie Flüssigkeit durchlässige Trennwand auf, die die Gasblasen in der Kreislauf-  
 5  
 10

zurückhält. Eine weitere Anordnung, die den Stand der Technik zur Lösung einer Gasmenge in einer strömenden Flüssigkeitsmenge dokumentiert, ist beispielsweise aus der Firmen-Druckschrift "Haffmans CO<sub>2</sub>-Meß- und Regelanlage", Typ AGM-05, der Firma Haffmans B.V., RD Venlo, Niederlande, Seiten 2 bis 5, bekannt. In der in dieser Druckschrift beschriebenen Anordnung zur Durchführung des Verfahrens werden CO<sub>2</sub>-Gas und Bier in einem sogenannten Karbonisiergerät zusammengeführt. Eine CO<sub>2</sub>-Leitung endet hierbei in der Mitte einer Bierleitung, und die Verteilung des CO<sub>2</sub>-Gases findet über statische Mischelemente statt. In einer dem Karbonisiergerät nachgeschalteten Lösungsstrecke sorgen weitere statische Mischelemente für die Aufrechterhaltung der Blasenverteilung, die notwendige Voraussetzung für den angestrebten Stoffübergang (Absorption von Gas in Flüssigkeit) ist.  
 15  
 20  
 25  
 30

Die verfahrenstechnischen und strömungsmechanischen Voraussetzungen für den Stoffübergang Gas/Flüssigkeit sind hinlänglich bekannt. Das Gas muß der Flüssigkeit zugeführt, in dieser dispergiert und homogen über den flüssigkeitsdurchströmten Querschnitt verteilt werden. Die sogenannte Gleichgewichtskurve, das Lösungs-gleichgewicht zwischen Gas und Flüssigkeit, liefert die maximale Gasmenge, die bei gegebenem Leitungsdruck und gegebener Temperatur in der Flüssigkeit löslich ist. Die aus dem Lösungs-gleichgewicht resultierende Gasmenge kann, wenn sie der Flüssigkeit genau in dieser Menge angeboten wird, theoretisch nur über eine unendlich lange Zeitspanne in der Flüssigkeit gelöst werden. Daher verzichtet man in der Praxis in der Regel auf das Erreichen des Lösungs-gleichgewichtes und sorgt durch die Wahl der veränderbaren Betriebsparameter dafür, daß ein ausreichendes Konzentrationsgefälle zwischen der Gleichgewichtskonzentration (auch Sättigungskonzentration) und der gewünschten und sich schließlich einstellenden Istkonzentration gegeben ist. Es ist weiterhin hinlänglich bekannt, daß die Absorption erschwert wird durch niedrigen Druck, hohe Temperatur, hohe Sollwertkonzentration des zu lösenden Gases und, in aller Regel, niedrige Fließgeschwindigkeit. Der Druckverlust im statischen Mischer und in der sich anschließenden Lösungsstrecke führt, zumindest graduell, zu einem über den Strömungsweg stetig abnehmenden statischen Druck, der wiederum die lokale Gleichgewichtskonzentration  
 35  
 40  
 45  
 50  
 55

bestimmt. Eine Reduzierung letzterer führt wiederum zu einer Verminderung des den Stoffübergang entscheidend bestimmenden wirksamen Konzentrationsgefälles.

Da die bekannten Anordnungen die Lösung einer vorgegebenen Gasmenge in einer bestimmten strömenden Flüssigkeitsmenge, mit hinlänglich bekannten Mitteln anstreben, sind mit diesen Anordnungen auch keine über den Stand der Technik auf diesem Gebiet hinausgehenden verfahrenstechnischen oder apparativen Vorteile zu erzielen.

Auf der Suche nach Verfahren und Anordnungen zur Intensivierung des Stoffüberganges, mit denen der im vorgenannten Karbonisiergerät in Verbindung mit der nachgeschalteten Lösungsstrecke erzielbare Stoffübergang verbessert werden kann, stößt der Fachmann in der Zeitschrift Chem.-Ing.-Tech. 64 (1992) Nr. 8, Seite 762, auf einen Aufsatz zum Thema "Modellierung eines von oben begasten Schlaufenreaktors und Messung hydrodynamischer Parameter". Dort wird unter anderem ausgeführt:  
 10  
 15  
 20

"Zur Begasung niedrigviskoser Flüssigkeiten werden in der chemischen Industrie und bei der biologischen Abwasserreinigung in zunehmendem Maße strahlgetriebene Schlaufenreaktoren eingesetzt. Das Gas und die Flüssigkeit werden einem Kompaktreaktor über eine Zweistoffdüse zugeführt, die am Kopf des Reaktors angeordnet ist. Diese Düse kann sowohl im Ejektorbetrieb als auch im Injektorbetrieb gefahren werden. Das über die Zweistoffdüse zugeführte Gemisch aus Gas und Flüssigkeit strömt zusammen mit dem Zweiphasengemisch, das aus dem Ringraum angesaugt wird, im Umlaufrohr abwärts. Am unteren Ende des Reaktors wird ein Teil der Flüssigkeit abgezogen. Der andere Teil der Flüssigkeit strömt zusammen mit dem Gas im Ringraum aufwärts. Am oberen Ende des Reaktors gast ein Teil des Gases aus, während der andere Teil zusammen mit der Flüssigkeit erneut am Umlauf im Reaktor teilnimmt."  
 25  
 30  
 35

Unter Schlaufenreaktoren sind Apparate zu verstehen, in denen zumindest ein den Gesamtstrom umfassender definiert gelenkter Umlauf eines fluiden oder fluidisierten Systems stattfindet. Dabei kann dem Umlaufstrom ein Durchlaufstrom überlagert werden, wodurch das Strömungsbild einer "Schlaufe" entsteht. Es gibt Schlaufenreaktoren mit innerem und solche mit äußerem Umlauf.  
 40  
 45

Eine Übertragung des vorstehend kurz umrissenen Schlaufenreaktor-Prinzips auf ein Verfahren der einleitend gekennzeichneten Gattung ist nicht ohne weiteres möglich. Zum einen wäre ein Ausgasen eines Teiles des zugeführten Gases am oberen Ende des Reaktors, welches sich nicht vollständig beseitigen läßt, unerwünscht und nachteilig; vielmehr wird angestrebt, daß die zugeführte Gasmenge auch tatsächlich gelöst wird, wodurch sich die Stoffbilanz denkbar einfach gestaltet. Zum anderen erlauben die festen Geometrieverhältnisse des Schlaufenreaktors nur eine bedingte Anpassung des Verfahrens an sich verändernde Betriebsbedingungen. Darüber hinaus ist ein Schlaufenreaktor, unabhängig  
 50  
 55

davon, ob er mit einem inneren oder äußerem Umlauf arbeitet, insbesondere beim Einsatz in der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie, wo es auf eine biologisch einwandfreie Reinigung aller Bereiche des Reaktors in höchstem Maße ankommt, einerseits keine besonders reinigungsfreundliche bzw. CIP-gerechte Anordnung (CIP: Abkürzung für "cleaning in place", was soviel bedeutet wie "an Ort und Stelle im Durchfluß reinigungsfähig"), und andererseits muß er gegebenenfalls als Druckbehälter eingestuft werden, der bestimmte sicherheitstechnische Anforderungen zu erfüllen hat, wodurch er genehmigungs- oder überwachungspflichtig werden kann, was ihn von vornherein technisch aufwendig und teuer werden läßt.

Aus der DE 39 20 472 A1 ist ein Verfahren zur definierten Beladung einer Flüssigkeit mit einem Gas bekannt, bei dem der Beladungsvorgang an einer bestimmten Stelle des Strömungsweges der Flüssigkeit durch Koaleszenz der nicht gelösten Gasblasen im wesentlichen beendet wird. Nicht gelöste, koaleszierte Gasblasen werden entweder im weiteren Verlauf des Strömungsweges der zu beladenden Flüssigkeit in letzterer erneut dispergiert und gemischt oder sie werden aus der Flüssigkeit abgeschieden. Die bekannte Vorrichtung zur Durchführung des vorgenannten Verfahrens sieht hierfür am Ende der Beladungsstrecke eine Trenneinrichtung vor, in der eine Separierung nicht gelöster Gasblasen von der Flüssigkeit durch Zentrifugalkräfte in der rotierenden Flüssigkeit erreicht wird. Bei dieser Trenneinrichtung handelt es sich um einen Behälter, in dem die rotierende Flüssigkeit einen Rotationsparaboloïden ausbildet, über dessen freie Oberfläche die nicht gelösten Gasblasen abgeschieden werden (Spalte 4, Zeilen 37 bis 51). Aufgrund dieser Verhältnisse handelt es sich bei dem abgeschiedenen Stoffstrom um eine reine Gasströmung, über deren weitere Verwendung keine Aussagen gemacht werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die in einer Flüssigkeit unter gegebenen Bedingungen tatsächlich lösbare Gasmenge gegenüber bekannten Verfahren zu erhöhen. Darüber hinaus soll die Anordnung zur Durchführung des Verfahrens im Aufbau einfach, im Durchfluß reinigbar (CIP-fähig), und ihre Anpassung an bestimmte Praxiserfordernisse und ihre Regelung sollen möglichst einfach sein.

Die verfahrenstechnische Aufgabe wird durch Anwendung der Merkmale des Kennzeichens des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des vorgeschlagenen Verfahrens sind Gegenstand der Ansprüche 2 bis 4. Eine Anordnung zum Durchführen des Verfahrens wird durch Anwendung der Kennzeichenmerkmale des Nebenanspruchs 5 realisiert, während vorteilhafte Ausgestaltungen der vorgeschlagenen Anordnung Gegenstand der weiteren Unteransprüche sind.

Die Trennung des Gesamtstromes durch dessen Unterwerfung unter eine Strömungsführung auf gekrümmten Bahnen in einen blasenfreien Flüssigkeitsstrom und einen als Zweiphasenströmung ausgebilde-

ten Gas/Flüssigkeitsstrom stellt zum einen sicher, daß in der von der Trennungsstelle fortgeführten Flüssigkeit keine unkontrollierbare Nachbegasung erfolgt. Zum anderen ist die Trennung die Voraussetzung für die Rückführung eines Teilstromes. Der rückgeführte Gas/Flüssigkeitsstrom überlagert sich als Umlaufstrom dem zugeführten unbegasten oder begasten Flüssigkeitsstrom, der den Durchlaufstrom bildet. Durch die Rückführung bietet sich die Möglichkeit, die im Umlaufstrom enthaltenen nicht gelösten Gasblasen erneut zu redispergieren und im Gesamtstrom homogen zu verteilen. Darüberhinaus wird das Konzentrationsgefälle an der Stelle der Zusammenführung von Durchlauf- und Umlaufstrom erhöht und aus der Überlagerung beider Ströme resultiert dort zusätzlich eine erhöhte Turbulenz.

Im Gegensatz zu bekannten Belüftungs- und Begasungsverfahren (stellvertretend hierfür steht die eingangs kurz umrissene Haffmans-Anordnung), die sämtlich die Gaslösung in einem einmaligen Durchlauf anstreben und sich demzufolge mit einer geringeren erreichbaren Istkonzentration des zu lösenden Gases begnügen oder die eine relativ lange und damit in hohem Maße druckverlustbehaftete Misch- und Lösungsstrecke erfordern, ist beim vorliegenden Anmeldegegenstand das Wirkungsprinzip "Trennung des nicht gelösten Gasanteiles von der Flüssigkeit und sich wiederholende Rückführung" konsequent realisiert, und zwar dergestalt, daß der nicht gelöste Gasanteil in Form einer Zweiphasenströmung (Gas/Flüssigkeitsströmung) vom blasenfreien Flüssigkeitsstrom über einen besonders wirkungsvollen Trennmechanismus separiert wird.

Es hat sich sowohl verfahrenstechnisch als auch apparativ als vorteilhaft herausgestellt, wie dies eine Ausgestaltung des Verfahrens gemäß der Erfindung vorsieht, wenn die Gasströmung in den rückführenden Gas/Flüssigkeitsstrom eingebracht wird. Hierdurch findet einerseits bereits in der Zweiphasenströmung eine Dispergierung der frisch zugeführten Gasströmung statt, andererseits kann der apparative Aufwand gegenüber einer Anordnung reduziert werden, in der die Gasströmung unmittelbar in die Rohrleitung eingeleitet wird, da die die rückführende Gas/Flüssigkeitsströmung aufnehmende Rückführleitung im Nennquerschnitt stets kleiner als der den unbegasten Flüssigkeitsstrom führende Rohrleitungsabschnitt ausgebildet ist.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des vorgeschlagenen Verfahrens wird das Gas im rückführenden Gas/Flüssigkeitsstrom vor der Zusammenführung mit dem zugeführten unbegasten bzw. begasten Flüssigkeitsstrom (Durchlaufstrom) wenigstens teilweise in seiner Trägerflüssigkeit redispergiert. Diese Maßnahme trägt zu einer weiteren Verbesserung des Stoffüberganges bei.

Um die Trennung in einen blasenfreien Flüssigkeitsstrom und einen Gas/Flüssigkeitsstrom zu intensivieren und zu forcieren, sieht eine andere Ausgestaltung des vorgeschlagenen Verfahrens gemäß der Erfindung vor, daß das zusammengeführte Gas/Flüssigkeitsgemisch einer Strömungsführung auf gekrümmten Bahnen unter-

worfen und die hierzu notwendige Rotationsenergie aus der Energie des strömenden Gas/Flüssigkeitsgemisches bestritten wird, was eine relativ einfache apparative Realisierung dieses Verfahrensschrittes zur Folge hat.

Da die Anordnung zum Durchführen des Verfahrens sowohl im Bereich des Durchlauf-, des Gesamt- als auch des Umlaufstromes in Form von einfachen Rohrleitungen ausgebildet werden kann, ergeben sich äußerst reinigungsfreundliche und damit CIP-gerechte Strömungs- und Anlagenbereiche, die keine Druckbehälter im Sinne der einschlägigen Vorschriften enthalten. Kernstück der Anordnung gemäß der Erfindung ist eine Trenneinrichtung, in der eine Separierung nicht gelöster Gasblasen von der Flüssigkeit durch Zentrifugalkräfte in der rotierenden Flüssigkeit erreicht wird, wobei in einen Zulauf der Trenneinrichtung die Mischeinrichtung oder die Lösungsstrecke einmündet und zum einen an einen Ablauf der Trenneinrichtung ein fortgeführter Rohrleitungsabschnitt der Rohrleitung für den blasenfreien Flüssigkeitsstrom und zum anderen an einen Kopfbereich der Trenneinrichtung die Rückföhrleitung für den verbleibenden Gas/Flüssigkeitsstrom angeschlossen ist. Mit der in der Rückföhrleitung angeordneten zweiten Fördereinrichtung kann das Gas im rückzuföhrenden Gas/Flüssigkeitsstrom, im Sinne der vorstehend bereits vorgeschlagenen verfahrenstechnischen Maßnahmen, vor der Zusammenföhrung mit dem zugeföhrten unbegasteten bzw. begasteten Flüssigkeitsstrom wenigstens teilweise in seiner Trägerflüssigkeit besonders einfach und wirkungsvoll redispergiert und dort homogen über den Rückföhrleitungsquerschnitt verteilt werden, was der weiteren Verbesserung des Stoffüberganges dient. Durch die zweite Fördereinrichtung in der Rückföhrleitung kann die vorgeschlagene Anordnung denkbar einfach geregelt werden, so daß ihre Anpassung an veränderte Betriebsbedingungen sehr leicht möglich ist.

Über die Ausbildung der Trenneinrichtung als Fliehkraftabscheider, und zwar in einer ersten Ausführungsform als Hydrozyklon, wie dies eine andere Ausgestaltung der vorgeschlagenen Anordnung vorsieht, ist eine Trennung des Gesamtstromes in einen blasenfreien Durchlaufstrom und einen als Zweiphasenströmung (Gas/Flüssigkeitsströmung) ausgebildeten Umlaufstrom in besonders einfacher, aber dennoch außerordentlich wirksamer Weise möglich. Dabei wird die Rückföhrleitung an das Tauchrohr des Hydrozyklons angeschlossen.

Bei der Ausbildung der Trenneinrichtung als Hydrozyklon kann es unter bestimmten Betriebsbedingungen zur sogenannten "Trombenbildung" kommen, wodurch das sich im Wirbelkern konzentrierende Gas teilweise in den koaxial in der Trenneinrichtung angeordneten Ablauf mitgerissen wird. Es bedarf dann besonderer konstruktiver Vorkehrungen im Ablauf, damit das Gas, zumindest bis zu einem bestimmten Grad der Beladung der Flüssigkeit mit Gas, in der Trenneinrichtung zurückgehalten und allein über das der Abfuhr der Zweiphasenströmung

(Gas/Flüssigkeitsströmung) dienende Tauchrohr ausgebracht werden kann.

Die Abscheideleistung auch unter den Bedingungen extrem hoch mit Gas beladener Flüssigkeiten verbessert sich gegenüber der Ausbildung der Trenneinrichtung als Hydrozyklon, wenn diese, wie dies eine weitere vorteilhafte Anordnung gemäß der Erfindung vorsieht, als Behälter ausgebildet ist, in den der Zulauf tangential ein- und der Ablauf, in Fortsetzung der Strömungsrichtung, tangential ausmündet, und über dessen ablaufseitige stirnseitige Begrenzungsfläche ein Tauchrohr in Richtung der Achse und konzentrisch zur Mantelfläche des Behälters ein Stück in den Behälterinnenraum eingreift, wobei das Tauchrohr andererseits an die Rückföhrleitung angeschlossen ist. Bei dieser Ausgestaltung ist auch der Ablauf, ebenso wie der Zulauf, im Mantelbereich des Behälters angeordnet, wodurch vorzugsweise die in diesem Bereich rotierende entgaste Flüssigkeit abgeföhrt werden kann. Die im Zentrum, im Bereich der Behälterachse, rotierende und hochgradig mit Gas beladene Flüssigkeit hat nunmehr nur noch die Möglichkeit, die Trenneinrichtung in Form der Zweiphasenströmung (Gas/Flüssigkeitsströmung) über das Tauchrohr zu verlassen. Dabei ist wesentlich, daß das Tauchrohr im ablaufseitigen Bereich der Trenneinrichtung angeordnet wird, damit die zur Abscheidung der Gasblasen aus dem Mantelbereich in den axialen Bereich des Behälters notwendige Verweilzeit für das den Behälter durchströmende Gas/Flüssigkeitsgemisch zur Verfügung steht.

Eine sehr einfache und leistungsfähige Trenneinrichtung ergibt sich, wenn der Behälter als schlanker Zylinder ausgebildet ist, wobei sein Zylindermantel eine gegenüber seinem Durchmesser  $D$  nennenswert größere Höhe  $H$  aufweist, vorzugsweise ein Verhältnis  $H/D = 3$  bis  $6$ .

Als besonders wirksam im Hinblick auf eine Redispergierung und homogene Verteilung der noch nicht gelösten Gasblasen im rückzuföhrenden Gas/Flüssigkeitsstrom hat es sich erwiesen, wenn, wie dies eine weitere Ausgestaltung der vorgeschlagenen Anordnung vorsieht, die zweite Fördereinrichtung als selbstansaugende Kreiselpumpe, vorzugsweise als Seitenkanalpumpe, ausgebildet ist. Selbstansaugende Kreiselpumpen sind im Aufbau relativ einfache Pumpen; sie können sowohl ein Zweiphasengemisch als auch reines Gas fördern, sie sind selbstreinigend, sie haben keinen Abrieb und erfordern daher geringen Wartungsaufwand.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der vorgeschlagenen Anordnung werden durch Einleitung der Gasströmung in die Rückföhrleitung hinter der zweiten Fördereinrichtung deren die Redispergierung der Gasblasen günstig beeinflussenden Eigenschaften auch für die Frisch zugeföhrte Gasströmung nutzbar gemacht. Darüberhinaus reduziert sich bei dieser Ausführungsform, wie vorstehend bereits dargelegt, der apparative Aufwand gegenüber einer Ausgestaltung der Anordnung, bei der die Einleitung der Gasströmung unmittelbar in die Rohrleitung erfolgt.

Ausführungsbeispiele der Anordnung zur Durchführung des vorgeschlagenen Verfahrens werden nachfolgend an Hand der Figuren der Zeichnung dargestellt und kurz erläutert.

Es zeigen

Figur 1 in schematischer Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel der Anordnung zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung mit einer als Hydrozyklon ausgebildeten Trenneinrichtung;

Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel der Anordnung zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung, wobei die Trenneinrichtung nach einer besonders vorteilhaften Ausführungsform gemäß der Erfindung ausgebildet ist und

Figur 2a eine Draufsicht auf die Trenneinrichtung gemäß Figur 2 mit den Anschlüssen für Zulauf, Ablauf und Tauchrohr.

Die Anordnung (Figur 1) besteht aus einer Rohrleitung 1, die aus den Rohrleitungsabschnitten 1a und 1b besteht. Der Rohrleitungsabschnitt 1a mündet in eine statische Mischeinrichtung 5, der sich ggf. eine Lösungstrecke 5a anschließt. Die gesamte Misch- und Lösungseinrichtung kann auch nur aus einer Lösungstrecke 5a bestehen. Die statische Mischeinrichtung 5 kann aus einem einzelnen statischen Mischer bzw. einem Mischelement oder aus mehreren hintereinander geschalteten statischen Mischern aufgebaut sein; sie wird im folgenden mit "statischer Mischer 5" bezeichnet. Der statische Mischer 5 bzw. die Lösungstrecke 5a sind an einen Zulauf 6a einer Trenneinrichtung 6 angeschlossen, in der erfindungsgemäß die Trennung des Gas/Flüssigkeitsgemisches in einen Gas/Flüssigkeits- und einen blasenfreien Flüssigkeitsstrom erfolgt. Die Rohrleitung 1 wird hinter der Trenneinrichtung 6 über einen in deren Fußbereich angeordneten Ablauf 6b in dem Rohrleitungsabschnitt 1b fortgeführt. An den Kopfbereich der Trenneinrichtung 6 ist eine Rückföhrleitung 7 angeschlossen, die über ein Tauchrohr 6c in den Innenraum der Trenneinrichtung 6 eingreift und die andererseits an einer zweiten Einleitungsstelle 9 in den Rohrleitungsabschnitt 1a einmündet.

In einer ersten, besonders vorteilhaften, weil apparativ besonders einfachen Ausgestaltung gemäß der Erfindung mündet eine der Gaszuföhrung G dienende Gasleitung 3, die über eine Dosiereinrichtung 10 geföhrt ist, über eine Einleitungsstelle 4 in die Rückföhrleitung 7 hinter einer in dieser angeordneten zweiten Fördereinrichtung 8 ein. Bezogen auf die Strömungsrichtung innerhalb der Rohrleitung 1 kann die Einleitungsstelle 4, wie dies weitere Ausgestaltungen der Anordnung gemäß der Erfindung vorsehen, auch vor oder hinter oder an der zweiten Einleitungsstelle 9 angeordnet werden (strich-

punktierte Darstellung des an der Einleitungsstelle 4 einmündenden Teiles der Gasleitung 3).

Eine als zylindrischer Behälter ausgebildete Trenneinrichtung 6 (Figur 2) verfügt über einen tangential angeordneten Zulauf 6a und einen tangential, in Fortsetzung der Strömungsrichtung, aus dem Behälter ausmündenden Ablauf 6b. Dies wird in der Draufsicht der Trenneinrichtung 6 (Figur 2a) deutlich. Für die Wirkungsweise der Trenneinrichtung 6 ist es ohne Bedeutung, welchen Umschlingungswinkel (in einer Behälterquerschnittsebene gesehen) Zu- und Ablauf 6a bzw. 6b zueinander einnehmen. Entscheidend ist lediglich, daß die Rotationsströmung im Behälter stroßfrei und damit zwangsläufig in Strömungsrichtung in den Ablauf 6b gelangen kann. Es ist weiterhin für die Wirkungsweise der Trenneinrichtung 6 ohne Belang, ob diese bezüglich ihrer Behälterachse vertikal, waagrecht oder in beliebiger Schräglage im Raum angeordnet wird. Wesentlich jedoch ist, daß das Tauchrohr 6c über die ablaufseitige stirnseitige Begrenzungsfläche des Behälters der Trenneinrichtung 6, und zwar in Richtung der Achse und konzentrisch zur Mantelfläche des Behälters, ein Stück in den Behälterinnenraum eingreift, wobei es andererseits an die Rückföhrleitung 7 angeschlossen ist. Zu- und Ablauf 6a bzw. 6b der Trenneinrichtung 6 sind in gleicher Weise in die Gesamtanordnung eingebunden, wie dies bei der Anordnung gemäß Figur 1 der Fall ist und dort bereits beschrieben wurde.

Über den Rohrleitungsabschnitt 1a wird eine unbegaste Flüssigkeitsmenge L1 (Liquid-Phase) zugeföhrt (vgl. Figuren 1, 2 und 2a), die mittels der ersten Fördereinrichtung 2, die ein Kreiselpumpe sein kann, durch die Anordnung geföhrt wird, wobei die Flüssigkeitsmenge L1 die sogenannte Durchlaufströmung bildet. Über die Gasleitung 3 erfolgt die Zuföhr einer Gasmenge G (Gas-Phase). Mittels der Dosiereinrichtung 10, die in der Regel als Drossel- und Regelventil ausgebildet ist, kann der Gasstrom G eingestellt werden. An der Einleitungsstelle 4 der Gasleitung 3 in die Rückföhrleitung 7 erfolgt die Zusammenföhrung der als Zweiphasenströmung ausgebildeten Gas/Flüssigkeitsströmung  $G^*/L2$  mit der Gasströmung G, wobei der gesamte Gasanteil  $G+G^*$  im weiteren Verlauf durch die Rückföhrleitung 7 wenigstens teilweise bereits in seiner Trägerflüssigkeit L2 redispersiert werden kann. An der zweiten Einleitungsstelle 9 werden der unbegaste Flüssigkeitsstrom L1 im Rohrleitungsabschnitt 1a mit dem Gas/Flüssigkeitsstrom  $(G+G^*)/L2$  in der Rückföhrleitung 7 zusammengeföhrt; beide Ströme treten dann in ihrem weiteren Verlauf durch den statischen Mischer 5 und ggf. durch die sich anschließende Lösungstrecke 5a in den gewünschten Stoffaustausch miteinander.

Zusätzlich zur Flüssigkeitsströmung L1 (Durchlaufstrom) werden der statische Mischer 5 und die ggf. vorgesehene Lösungstrecke 5a von der sich in der Rückföhrleitung 7 einstellenden Strömung beaufschlagt. Durch die Ausgestaltung der Trenneinrichtung 6 gemäß der Erfindung liegt in der Rückföhrleitung 7 die als Zweiphasenströmung ausgebildete Gas/Flüssigkeitsströ-

mung  $G^*/L2$  vor. Letztere bildet den sogenannten Umlaufstrom, der sich dem Durchlaufstrom  $L1$  innerhalb der Rohrleitung 1 zwischen zweiter Einleitungsstelle 9 und Trenneinrichtung 6 überlagert. Über den Ablauf 6b der Trenneinrichtung 6, der mit dem Rohrleitungsabschnitt 1b verbunden ist, wird ein blasenfreier Flüssigkeitsstrom  $L1^*$  (Liquid-Phase) abgeführt. Da die zweite Fördereinrichtung 8 unter bestimmten Betriebsbedingungen neben der Zweiphasenströmung  $G^*/L2$  sowohl blasenfreie Flüssigkeit  $L2$  als auch reines Gas  $G^*$  zu fördern hat, ist sie zweckmäßigerweise als selbstansaugende Kreiselpumpe, vorzugsweise als Seitenkanalpumpe, ausgebildet. Es versteht sich, daß die zweite Fördereinrichtung 8 auch durch eine andere Pumpe, wie beispielsweise durch eine rotierende Verdrängerpumpe, insbesondere Impellerpumpe, oder Strahlpumpe, substituiert werden kann, sofern diese die geforderten Fördereigenschaften aufweist.

Die in den Figuren 1 bis 2a dargestellten Anordnungen zum Durchführen des vorgeschlagenen Verfahrens sind in besonderer Weise zur sogenannten Karbonisierung von Bier geeignet. Unter Karbonisierung von Bier wird die Anreicherung des Bieres mit  $CO_2$ -Gas bezeichnet, wobei die Brauereitechnik heute nach einer vollständigen Lösung einer vorgegebenen  $CO_2$ -Menge in einer bestimmten Biermenge verlangt. Auslegungskriterien für eine derartige Karbonisierungsanlage sind daher zum einen die Sicherstellung einer bestimmten  $CO_2$ -Konzentration im Bier und zum anderen dessen vollständige und damit blasenfreie Lösung.

Ähnlich gelagerte Karbonisierungsaufgaben erwachsen in anderen Bereichen der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie, wo Flüssigkeiten mit einem ganz bestimmten Gehalt an  $CO_2$ -Gas anzureichern sind (u.a. Limonaden, Soft-drinks).

Die dem vorgeschlagenen Verfahren zugrunde liegenden Wirkmechanismen, auf die die in diesem Umfang nicht erwartete Erhöhung der tatsächlich blasenfrei löslichen Gasmenge entscheidend zurückzuführen ist, wurden einleitend bereits dargelegt.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Lösung einer Gasmenge in einer strömenden Flüssigkeitsmenge, insbesondere zur Lösung von  $CO_2$ -Gas in Bier, wobei eine Flüssigkeits- ( $L1$ ) und eine Gasströmung ( $G$ ) zu- und zusammengeführt werden, das Gas in der Flüssigkeit dispergiert, mit dieser vermischt und ein Teil in dieser gelöst wird und aus einem Gas/Flüssigkeitsgemisch anschließend ein blasenfreier Flüssigkeitsstrom ( $L1^*$ ) abgetrennt und ein verbleibender Gas/Flüssigkeitsstrom ( $G^*/L2$ ) rück- und zusammengeführt wird mit dem zugeführten unbegasten oder begasten Flüssigkeitsstrom ( $L1$  bzw.  $L1/G$ ) und die Gasblasen in dem Gas/Flüssigkeitsgemisch redispersiert werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gas/Flüssigkeitsgemisch einer Strömungsführung auf gekrümmten Bahnen unterworfen wird, wodurch die Trennung in den blasenfreien Flüssigkeitsstrom ( $L1^*$ ) und in den rückzuführenden Gas/Flüssigkeitsstrom ( $G^*/L2$ ) erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gasströmung ( $G$ ) in den rückführenden Gas/Flüssigkeitsstrom ( $G^*/L2$ ) eingebracht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gas ( $G^*$ ;  $G+G^*$ ) im rückführenden Gas/Flüssigkeitsstrom ( $G^*/L2$  bzw.  $(G+G^*)/L2$ ) vor der Zusammenführung mit dem zugeführten unbegasten bzw. begasten Flüssigkeitsstrom ( $L1$ ;  $L1/G$ ) wenigstens teilweise in seiner Trägerflüssigkeit ( $L2$ ) redispersiert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zwecks Strömungsführung auf gekrümmten Bahnen notwendige Rotationsenergie aus der Energie des strömenden Gas/Flüssigkeitsgemisches erzeugt wird.
5. Anordnung zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einer Einleitungsstelle (4) für das Gas ( $G$ ) in die in einer Rohrleitung (1) strömende Flüssigkeit ( $L1$ ), mit einer ersten Fördereinrichtung (2) in einem Rohrleitungsabschnitt (1a) der Rohrleitung (1), mit einer nachgeordneten Mischeinrichtung (5), vorzugsweise einer statischen, und/oder einer sich gegebenenfalls dieser anschließenden Lösungsstrecke (5a), mit einer von der Rohrleitung (1) hinter der Mischeinrichtung (5) bzw. der Lösungsstrecke (5a) abzweigenden Rückführleitung (7), die andererseits an einer zweiten Einleitungsstelle (9) in den Rohrleitungsabschnitt (1a) einmündet und in der eine zweite Fördereinrichtung (8) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Trenneinrichtung (6) vorgesehen ist, in der eine Separierung nicht gelöster Gasblasen von der Flüssigkeit durch Zentrifugalkräfte in der rotierenden Flüssigkeit erreicht wird, wobei in einen Zulauf (6a) der Trenneinrichtung (6) die Mischeinrichtung (5) oder die Lösungsstrecke (5a) einmündet und zum einen an einen Ablauf (6b) der Trenneinrichtung (6) ein fortgeführter Rohrleitungsabschnitt (1b) der Rohrleitung (1) für den blasenfreien Flüssigkeitsstrom ( $L1^*$ ) und zum anderen an einen Kopfbereich der Trenneinrichtung (6) die Rückführleitung (7) für den verbleibenden Gas/Flüssigkeitsstrom ( $G^*/L2$ ) angeschlossen ist.
6. Anordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Trenneinrichtung (6) als Hydrozyklon ausgebildet und die Rückführleitung (7) an dessen Tauchrohr (6c) angeschlossen ist.

7. Anordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Trenneinrichtung (6) als Behälter ausgebildet ist, in den der Zulauf (6a) tangential ein- und der Ablauf (6b), in Fortsetzung der Strömungsrichtung, tangential ausmünden, und über dessen ablaufseitige stirnseitige Begrenzungsfläche ein Tauchrohr (6c) in Richtung der Achse und konzentrisch zur Mantelfläche des Behälters ein Stück in den Behälterinnenraum eingreift, wobei das Tauchrohr (6c) andererseits an die Rückföhrleitung (7) angeschlossen ist. 5
8. Anordnung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Behälter zylindrisch ausgebildet ist, wobei sein Zylindermantel eine gegenüber seinem Durchmesser (D) nennenswert größere Höhe (H) aufweist, vorzugsweise  $H/D = 3$  bis 6 . 15
9. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zweite Fördereinrichtung (8) als selbstansaugende Kreiselpumpe, vorzugsweise als Seitenkanalpumpe, ausgebildet ist. 20
10. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zweite Fördereinrichtung (8) als rotierende Verdrängerpumpe, vorzugsweise als Impellerpumpe, ausgebildet ist. 25
11. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einleitungsstelle (4) in der Rückföhrleitung (7) hinter der zweiten Fördereinrichtung (8) oder im Rohrleitungsabschnitt (1a), und zwar vor oder hinter oder an der zweiten Einleitungsstelle (9), angeordnet ist. 30 35

## Claims

1. Process for dissolving a quantity of gas in a flowing liquid quantity, especially for dissolving carbon dioxide in beer, in which streams of liquid (L1) and gas (G) are supplied and brought together and the gas is dispersed in the liquid, mixed therewith and part of it is dissolved therein, and subsequently a bubble-free stream of liquid (L1\*) is separated from a gas/liquid mixture, and a remaining gas/liquid stream (G\*/L2) is fed back and together with the supplied unaerated or aerated flow of liquid (L1 or L1/G) and the gas bubbles are redispersed in the gas/liquid mixture, **characterized in that** the gas/liquid mixture is subject to a flow guidance on curved tracks, causing the separation into the bubble-free stream of liquid (L1\*) and the gas/liquid stream (G\*/L2) to be returned. 40 45 50 55
2. Process according to Claim 1, **characterized in that** the stream of gas (G) is supplied to the returning gas/liquid stream (G\*/L2).
3. Process according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the gas (G\*, G+G\*) in the returning gas/liquid stream (G\*/L2 or (G+G\*)/L2 ) is at least partly redispersed in its support liquid (L2) before being brought together with the supplied unaerated or aerated stream of liquid (L1, L1/G).
4. Process according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the rotational energy necessary for the flow guidance on curved tracks is generated from the energy of the flowing gas/liquid mixture.
5. Device for implementing the process according to one of Claims 1 to 4 with an introduction point (4) for the gas (G) into the liquid (L1) flowing in a pipe (1), with a first conveying device (2) in a section (1a) of a pipe (1) and with a subsequent mixing device (5), preferably a statical one, and/or a dissolving area (5a) possibly adjacent to the latter, with a return line (7) branching off from the pipe (1) behind the mixing device (5) or the dissolving area (5a) that on the other hand flows into a pipe section (1a) at a second introduction point (9) and in which a second conveying device (8) is provided, **characterized in that** a separator (6) is provided in which a separation of unsolved gas bubbles from the liquid is achieved by centrifugal forces in the rotating liquid, with the mixing device (5) or the dissolving area (5a) discharging into a supply (6a) of the separator (6), and on one hand an extended section (1b) of the pipe (1) is connected to a drain (6b) of the separator (6) for the bubble-free stream of liquid (L1\*) and on the other hand the return pipe (7) for the remaining gas/liquid stream (G\*/L2) is connected to a top area of the separator (6).
6. Device according to Claim 5, **characterized in that** the separator (6) is designed as a hydrocyclone and that the return line (7) is connected to its immersion pipe (6c).
7. Device according to Claim 5, **characterized in that** the separator (6) is designed as a container into which the supply (6a) discharges tangentially and from which the drain (6b) discharges tangentially in continuation of the flowing direction, through its area of contact at the drain and front side an immersion pipe (6c) being engaged partly into the interior of the container in direction of the axle and concentrically to the shell surface of the container with the immersion pipe (6c) being connected on the other hand to the return pipe (7).
8. Device according to Claim 7, **characterized in that** the container is designed cylindrically, with the cylinder shell providing a height (H) substantially larger than its cross-section (D), preferably  $H/D = 3$  to 6 .

9. Device according to one of Claims 5 to 8, **characterized in that** the second conveying device (8) is designed as a self-priming centrifugal pump, preferably as a lateral channel pump.
10. Device according to one of Claims 5 to 8, **characterized in that** the second conveying device (8) is designed as a rotary pump, preferably as an impeller pump.
11. Device according to one of Claims 5 to 10, **characterized in that** the introduction point (4) is arranged in the return pipe (7) behind the second conveying device (8) or in the pipe section (1a) in front of or behind or at the second introduction point (9).

### Revendications

1. Procédé pour dissoudre une quantité de gaz dans une quantité de liquide en écoulement, en particulier pour dissoudre du gaz CO<sub>2</sub> dans de la bière, selon lequel un flux de liquide (L1) et un flux de gaz (G) sont amenés et réunis, le gaz est dispersé dans le liquide et mélangé avec celui-ci, une partie de ce gaz se dissolvant dans le liquide, et, ensuite, un flux de liquide sans bulles (L1\*) est séparé d'un mélange gaz/liquide, et un flux résiduaire de gaz/liquide (G\*/L2) est recyclé et réuni avec le flux de liquide amené, non chargé de gaz ou chargé de gaz (L1 ou L1/G), et les bulles de gaz sont remises en dispersion dans le mélange gaz/liquide, caractérisé en ce que le mélange gaz-liquide est soumis à un écoulement dirigé sur des trajectoires incurvées, ce qui a pour conséquence que le flux de liquide sans bulles (L1\*) se sépare du flux de gaz/liquide (G\*/L2) à recycler.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le flux de gaz (G) est introduit dans le flux de gaz/liquide (G\*/L2) recyclé.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le gaz (G\* ; G+G\*) présent dans le flux de gaz/liquide recyclé (G\*/L2 ou (G+G\*)/L2) est au moins partiellement redispersé dans son liquide porteur (L2) avant sa jonction avec le flux de liquide amené, non chargé de gaz ou chargé de gaz (L1 ; L1/G).
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'énergie de rotation nécessaire à l'écoulement sur les trajectoires incurvées provient de l'énergie du mélange gaz/liquide en écoulement.
5. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 4, comprenant : un endroit d'introduction (4) du gaz (G) dans le liquide (L1) s'écoulant dans une canalisation (1), un premier dispositif d'acheminement (2) situé dans un segment (1a) de la canalisation (1), après ce segment de canalisation, un dispositif mélangeur (5), de préférence un mélangeur statique, et/ou une trajectoire de dissolution (5a) éventuellement située directement après ce mélangeur, une canalisation de recyclage (7), qui se sépare de la canalisation (1) après le dispositif mélangeur (5), et en particulier après la trajectoire de dissolution (5a), qui, par ailleurs, débouche dans le segment de canalisation (1a) à un deuxième endroit d'introduction (9), et dans laquelle est prévu un deuxième dispositif d'acheminement (8), caractérisé en ce qu'il est prévu un dispositif de séparation (6) dans lequel se produit une séparation des bulles de gaz non dissoutes et du liquide, sous l'effet de forces centrifuges dans le liquide en rotation, en ce que le dispositif de mélange (5), ou la trajectoire de dissolution (5a), débouche dans une arrivée (6a) de ce dispositif de séparation (6), et, en ce que d'une part, un segment de canalisation (1b) situé en avant de la canalisation (1) pour le flux de liquide sans bulles (L1\*) est relié à une sortie (6b) du dispositif de séparation (6) et, d'autre part, la canalisation de recyclage (7) pour le flux résiduaire de gaz/liquide (G\*/L2) est reliée à une partie supérieure du dispositif de séparation (6).
6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le dispositif de séparation (6) a la forme d'un hydrocyclone, et la canalisation de recyclage (7) est reliée au tube plongeur (6c) de celui-ci.
7. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le dispositif de séparation (6) a la forme d'un conteneur dans lequel l'arrivée (6a) débouche de manière tangentielle, et la sortie (6b) est disposée de manière tangentielle dans le prolongement de la direction d'écoulement, et au-dessus de la surface limite frontale, côté sortie de ce conteneur, un tube plongeur (6c) pénètre à l'intérieur de ce dernier sur une petite distance, dans la direction de l'axe et de manière concentrique par rapport à la surface enveloppante du conteneur, ce tube plongeur (6c) étant relié, par ailleurs, à la canalisation de recyclage (7).
8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que le conteneur a la forme d'un cylindre dont le corps présente une hauteur (H) notablement supérieure à son diamètre (D), de préférence H/D = 3 à 6 .
9. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que le deuxième dispositif d'acheminement (8) est constitué par une pompe centrifuge à aspiration automatique, de préférence une pompe à canal latéral.

10. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que le deuxième dispositif d'acheminement (8) est constitué par une pompe volumétrique rotative, de préférence une pompe à hélice.

5

11. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 10, caractérisé en ce que l'endroit d'introduction (4) dans la canalisation de recyclage (7) est situé après le deuxième dispositif d'acheminement (8) ou dans le segment (1a) de la canalisation avant, ou après le deuxième endroit d'introduction (9) ou au niveau de celui-ci.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

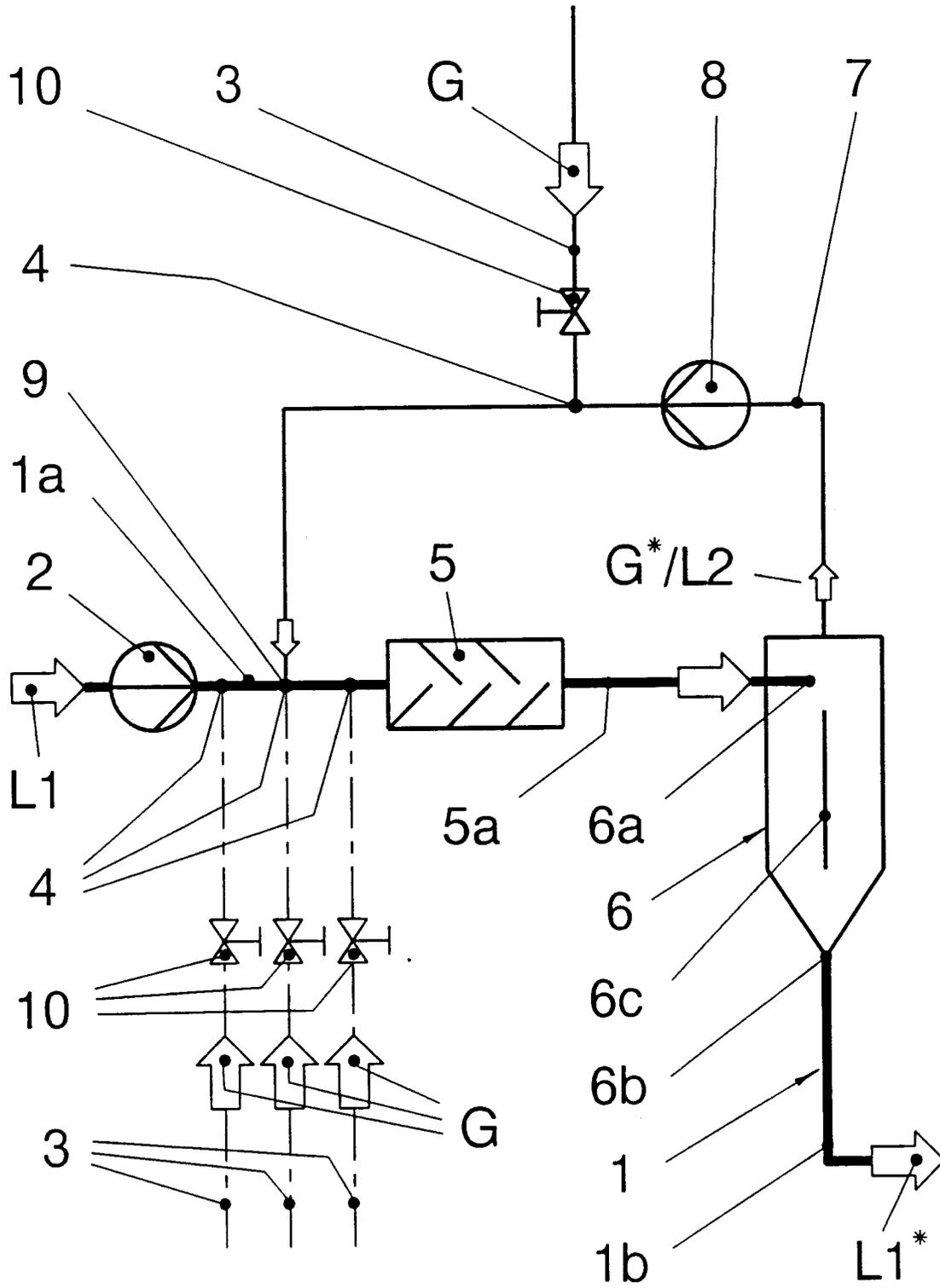


Fig.1

Fig.2

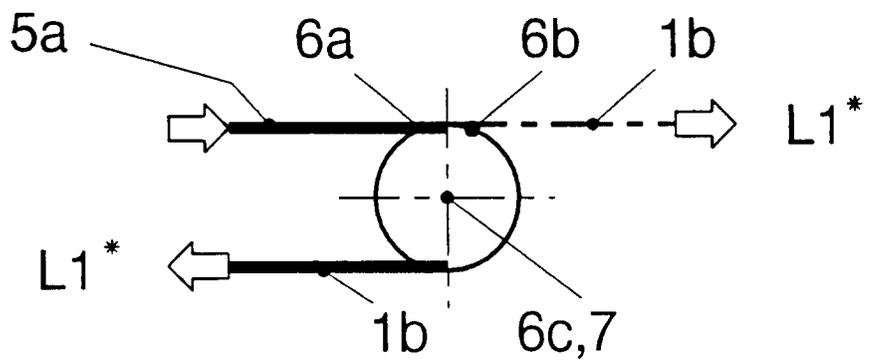
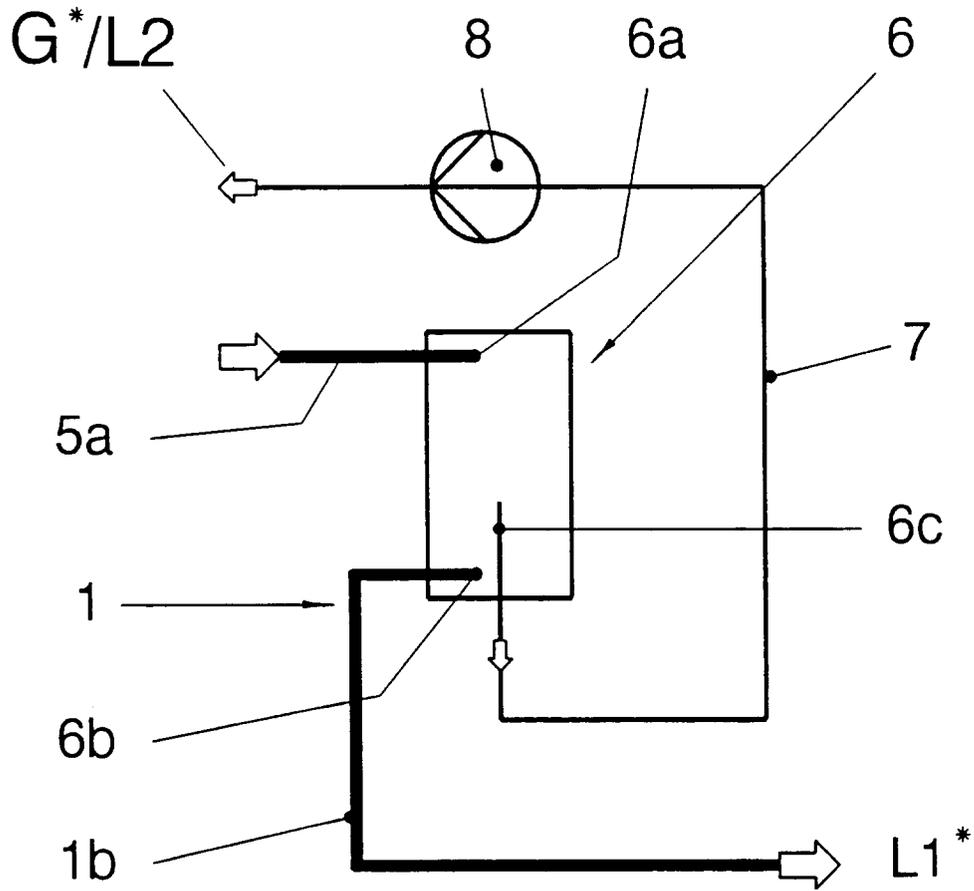


Fig.2a