

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
6. Juli 2006 (06.07.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/069640 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/013535

(22) Internationales Anmeldedatum:

15. Dezember 2005 (15.12.2005)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2004 063 090.9

22. Dezember 2004 (22.12.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **UHDE GMBH** [DE/DE]; Friedrich-Uhde-Strasse 15, 44141 Dortmund (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HAFENSCHER,**

Harald [DE/DE]; Im Herrenwald 29, 65779 Kelkheim (DE). **WEIS, Reinhold** [DE/DE]; Altenhainer Strasse 29, 65779 Kelkheim (DE). **BENJE, Michael** [DE/DE]; Barkhausstrasse 6, 64289 Darmstadt (DE).

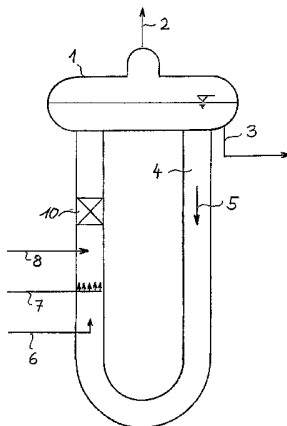
(74) **Gemeinsamer Vertreter: UHDE GMBH;** Friedrich-Uhde-Strasse 15, 44141 Dortmund (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR PRODUCING 1,2-DICHLOROETHANE BY MEANS OF DIRECT CHLORINATION

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON 1,2-DICHLORETHAN MITTELS DIREKTCHLORIERUNG



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing high-purity 1,2-dichloroethane from dissolved chlorine and dissolved ethylene which are brought into contact with each other using a circulating liquid reaction medium which essentially consists of 1,2-dichloroethane and a catalyst and passes through at least one vertical reaction loop. The two limbs of the loop are connected to a gas-phase stripping container which is arranged at the top and from which the reaction product is outwardly transferred either in a gaseous or liquid form or both in a gaseous form and in a liquid form. The addition points for the addition of chlorine and dissolved ethylene are arranged in the limb of the loop in which the liquid rises. The addition point for dissolved chlorine is always arranged downstream of the ethylene addition point. At least one addition point for liquid 1,2-dichloroethane follows each chlorine addition point, and the addition of the liquid 1,2-dichloroethane is carried out under kinetic energy which is high enough to enable a vigorous mixture of 1,2-dichloroethane, dissolved chlorine and ethylene to be carried out. Preferably, the liquid 1,2-dichloroethane is added by means of at least one jet mixer.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von 1,2-Dichlorethan hoher Reinheit aus gelöstem Chlor und gelöstem Ethylen, welche miteinander in Kontakt gebracht werden, unter Einsatz eines im Umlauf geführten flüssigen Reaktionsmediums, welches im Wesentlichen aus 1,2-Dichlorethan und einem Katalysator besteht und mindestens eine vertikal angeordnete, als Schlaufe ausgebildete Reaktionsstrecke durchläuft, wobei die beiden Schenkel der

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/069640 A2



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

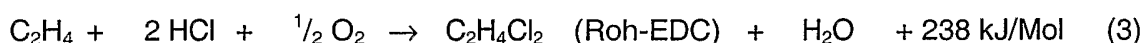
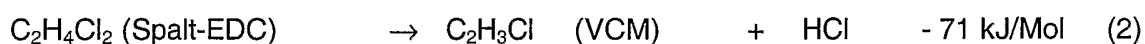
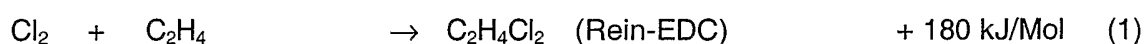
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Schlaufe mit einem oberseitig angeordneten Ausgasbehälter verbunden sind, von dem aus das Reaktionsprodukt entweder gasförmig oder flüssig oder sowohl gasförmig als auch flüssig ausgeschleust wird, und wobei die Zugabestellen von Chlor und gelöstem Ethylen in dem Schenkel der Schlaufe angeordnet sind, in dem die Flüssigkeit aufsteigt, wobei stets einer stromaufwärts gelegenen Zugabestelle von Ethylen eine stromabwärts gelegene Zugabestelle von gelöstem Chlor folgt, wobei jeder Zugabestelle von Chlor mindestens eine Zugabestelle von flüssigem 1,2-Dichlorethan folgt, und die Zugabe des flüssigen 1,2-Dichlorethans unter so hoher kinetischer Energie erfolgt, dass eine starke Vermischung von 1,2-Dichlorethan, gelöstem Chlor und Ethylen erfolgt. Vorzugsweise erfolgt die Zugabe des flüssigen 1,2-Dichlorethans mittels eines oder mehrerer Strahlmischern.

Verfahren zur Herstellung von 1,2-Dichlorethan mittels Direktchlorierung

[0001] Die Erfindung richtet sich auf ein Verfahren zur Herstellung von 1,2-Dichlorethan, im folgenden als EDC bezeichnet, welches überwiegend als Zwischenprodukt
 5 der Herstellung von monomerem Vinylchlorid, im folgenden als VCM bezeichnet, dient, woraus letztlich Polyvinylchlorid, PVC, hergestellt wird. Bei der Umsetzung von EDC zu VCM entsteht Chlorwasserstoff HCl. EDC wird daher bevorzugt aus Ethylen C₂H₄ und Chlor Cl₂ derart hergestellt, dass hinsichtlich des bei den Umsetzungen erzeugten und
 10 verbrauchten Chlorwasserstoffes HCl eine ausgewogene Bilanz entsprechend den folgenden Reaktionsgleichungen erreicht wird:



15

[0002] Das Verfahren zur Herstellung von VCM mit ausgewogener HCl-Bilanz, im folgenden kurz "ausgewogenes VCM-Verfahren" genannt, besitzt:

- eine Direktchlorierung, in der aus Ethylen C₂H₄ und Chlor Cl₂ der eine Teil des benötigten EDC in Gegenwart eines Homogenkatalysators erzeugt wird und als so-
 20 genanntes Rein-EDC abgegeben wird;
- eine Oxichlorierung, in der aus Ethylen C₂H₄, Chlorwasserstoff HCl und Sauerstoff O₂ der andere Teil des EDC erzeugt wird und als sogenanntes Roh-EDC abgegeben wird;
- eine fraktionierende EDC-Reinigung, in der das Roh-EDC zusammen mit dem aus
 25 der VCM-Fraktionierung rezirkulierten Rück-EDC und optional zusammen mit dem Rein-EDC von den in der Oxichlorierung und von den in der EDC-Pyrolyse gebildeten Nebenprodukten befreit wird, um ein für den Einsatz in der EDC-Pyrolyse geeignetes, sogenanntes Feed-EDC zu gewinnen, wahlweise kann auch das aus der Direktchlorierung stammende Rein-EDC in der Hochsiederkolonne der EDC-
 30 Destillation mitdestilliert werden;
- eine EDC-Pyrolyse, in der das Feed-EDC thermisch gespalten wird; das Spaltgas genannte Reaktorausstrittsgemisch enthält VCM, Chlorwasserstoff HCl und nicht-umgesetztes EDC sowie Nebenprodukte;
- eine VCM-Fraktionierung, in der das als Produkt gewünschte Rein-VCM aus dem
 35 Spaltgas abgetrennt und die anderen wesentlichen Spaltgasbestandteile Chlorwasserstoff HCl und nichtumgesetztes EDC als Wertstoffe gesondert zurückge-

wonnen und als wiederverwertbarer Einsatz als Rück-HCl bzw. Rück-EDC im ausgewogenen VCM-Verfahren rezirkuliert werden.

[0003] Als Reaktionsmedium in der Direktchlorierung dient bei den meisten im industriellen Maßstab angewandten Verfahren ein umlaufender Strom des Reaktionsprodukts EDC. Dieser kann in einem Schlaufenreaktor mit äußerem oder innerem Umlauf erzeugt werden. Weiterhin kann der Umlaufstrom durch Zwangsumlauf oder Naturumlauf erzeugt werden. Als Katalysator wird vor allem Eisen-III-chlorid verwendet; zusätzlich kann Natriumchlorid, das in der Lage ist, die Bildung von Hochsiedern zu vermindern, als Additiv verwendet werden.

[0004] Der Stand der Technik zur Direktchlorierung wird z.B. in der DE 199 10 964 A1 beschrieben. In dem in DE 199 10 964 A1 beschriebenen Verfahren sollen Nebenreaktionen, vor allem die Weiterchlorierung des EDC zum 1,1,2-Trichlorethan, dadurch unterdrückt werden, dass die Chlorierungsreaktion weitgehend in homogener, flüssiger Phase abläuft. Das in EDC schwerer als Chlor lösliche Ethylen wird im Hauptstrom des umlaufenden Reaktionsmediums EDC in einer Gleichstromblasensäule vollständig aufgelöst. Das in EDC leichter als Ethylen lösliche Chlor wird in einem unterkühlten EDC-Teilstrom aufgelöst und die so erhaltene Lösung von Chlor in EDC dem umlaufenden Hauptstrom, in dem das Ethylen bereits gelöst vorliegt, zugegeben.

[0005] Die Reaktion (1) wird üblicherweise mit einem geringen Ethylenüberschuss betrieben, um Korrosionsprobleme im Reaktionssystem, Nebenproduktbildung nach Abschluss der Direktchlorierungsreaktion im sowie andere Probleme, die mit der Behandlung chlorhaltiger Abgasströme verbunden sind, auf jeden Fall zu vermeiden. Chlor und Ethylen werden dem Reaktor über eine Verhältnisregelung zugeführt; als Führungsgröße dient der Ethylengehalt des Reaktoraustrittsstroms. Hierbei ist man stets bestrebt, den Ethylenüberschuss am Reaktoraustritt so niedrig wie möglich zu halten, um zu grosse Ethylenverluste zu vermeiden.

[0006] Es hat sich ferner herausgestellt, dass die Reaktion (1) besonders dann ohne große Nebenproduktbildung abläuft, wenn sie vollständig als Flüssigphasenreaktion betrieben wird, wie es auch in der WO 03/070673 A1 beschrieben wird. Hierzu ist es erforderlich, dass das Ethylen im Reaktionsrohr noch vor der Zugabe von gelöstem Chlor vollständig aufgelöst ist. Die vom Gasverteiler anfänglich erzeugten kleinen Gasblasen wachsen längs dieser Strecke durch Kolaeszenz an und erreichen schliesslich

eine durch Kolaeszenz - und Zerfallsvorgänge bedingte, konstante Gleichgewichtsgröße. Hier handelt es sich um einen Effekt, der den Stoffaustausch ungünstig beeinflusst, da sich durch die Vergrößerung des Blasendurchmesser bei einem bestimmten Gasgesamtvolumen die für den Stoffaustausch zu Verfügung stehende Oberfläche verkleinert.

[0007] Die Reaktion (1) in der anschließenden, weitgehend homogenen Reaktionszone verläuft kinetisch nach einem Geschwindigkeitsgesetz 2. Ordnung, also zunächst sehr schnell. Gegen Ende der Reaktionszone, wenn die Konzentrationen von Ethylen und Chlor klein werden, sinkt die Reaktionsgeschwindigkeit stark ab.

[0008] Die Überlagerung der Effekte beim Lösungsverhalten des Ethylen, bei der Reaktion selbst und dem Einsetzen des Siedens definieren beim herkömmlichen Stand der Technik die Dimensionierung des Siedereaktors und erschweren eine nachträgliche Kapazitätserhöhung erheblich.

[0009] Die Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, ein wirtschaftliches Verfahren zur Verfügung zu stellen, welches auf kleinem Raum eine hohe Raumausbeute an Produkt ermöglicht und somit eine Kapazitätsvergrößerung ermöglicht, ohne die äußeren Reaktorabmessungen zu vergrößern, und welche gleichzeitig EDC hoher Reinheit erzeugt.

[0010] Diese Aufgabe wird durch das Verfahren nach Patentanspruch 1 gelöst. Die Erfindung löst die Aufgabe, wobei die Zugabestellen von Chlor und gelöstem Ethylen in dem Schenkel der Schlaufe angeordnet sind, in dem die Flüssigkeit aufsteigt, wobei stets einer stromaufwärts gelegenen Zugabestelle von Ethylen eine stromabwärts gelegene Zugabestelle von gelöstem Chlor folgt, indem

- jeder Zugabestelle von Chlor mindestens eine Zugabestelle von EDC folgt, und
- die Zugabe des flüssigen EDC unter so hoher kinetischer Energie erfolgt, dass eine starke Vermischung von EDC, gelöstem Chlor und Ethylen erfolgt.

[0011] Flüssiges EDC steht in den meisten Anlagen ohnehin zur Verfügung, da es üblicherweise aus dem Reaktionsgefäß abgezogen und der Wärmerückgewinnung zugeführt wird. Das leicht abgekühlte EDC wird üblicherweise in den Schenkel des Reaktionsgefäßes zurückgeführt, in dem die Flüssigkeit absinkt. Hierdurch kann der absinkenden Flüssigkeit ein zusätzlicher Impuls verliehen werden, der den Naturlauf verstärkt. Es wurde jetzt gefunden, dass es dieser Impuls-Unterstützung nicht bedarf,

wenn die Raumaussbeute, und damit verbunden, der Gesamtumsatz an EDC entsprechend vergrößert wird, weil der hierdurch erreichte thermische Effekt ebenfalls zu einer entsprechenden Verstärkung des Naturumlaufs führt. Innerhalb der Zone, in der die Hauptreaktion stattfindet, steht auch weiterhin keine Gas-Flüssig-Phasengrenzfläche zur Verfügung, welche die Bildung von Nebenprodukten, besonders von 1,1,2 – Trichlorethan katalysieren könnte.

[0012] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird vorgesehen, dass die Zugabe des flüssigen 1,2-Dichlorethans mittels eines oder mehreren Strahlmischern, welche auch als Tankmischer bezeichnet werden, erfolgt. Die Betriebsweise eines solchen Mixers entspricht der einer Flüssigkeitsstrahl-Flüssigkeitspumpe. In typischen Anwendungen wird der Strahlmischer zur Durchmischung des Inhalts von Flüssigkeitsbehältern oder -Tanks verwendet, um die Ausbildung von Temperatur- oder Konzentrationsgradienten zu unterdrücken. Der Mischer wird untergetaucht betrieben; mittels der kinetischen Energie des Treibstrahls wird umgebendes Medium angesaugt und sowohl mit dem Treibmedium als auch mit dem umgebenden Behälterinhalt vermischt. Der Austrittsstrom des Strahlmischers beträgt ein mehrfaches des Treibstrahls, so dass auch grosse Behältervolumina in kurzer Zeit durchmischt werden können. Die vorliegende Erfindung zielt darauf ab, durch Verwendung von Strahlmischern die kinetische Energie des im Kreislauf geführten EDC auszunutzen, um die Reaktionspartner Chlor und Ethylen stromabwärts der Zugabestelle von gelöstem Chlor möglichst schnell zu vermischen.

[0013] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung betreffen die Anordnung des Strahlmischers oder, wenn mehrere Strahlmischer eingesetzt werden, der Strahlmischer. Der oder die Strahlmischer können innerhalb des Schlaufenreaktors so angeordnet sein, dass die sie verlassende Flüssigkeit entweder eine, im Rohrquerschnitt gesehen, tangentiale Strömung erzeugt, die der aufwärts gerichteten Hauptströmungsrichtung überlagert ist, oder auch eine, im Längsschnitt gesehen, aufwärts gerichtete Strömung erzeugt, die die Aufwärtsströmung verstärkt, oder so, dass beide Strömungsrichtungen unterstützt werden. Die Strahlmischer-Anordnung erscheint sowohl im Längsschnitt als auch im Rohrquerschnitt als quer zur Hauptströmungsrichtung gelegen.

[0014] Im letzteren Fall ist die Strömungsaustrittsrichtung aus dem Strahlmischer oder den Strahlmischern schräg nach oben geneigt. Bei der Ausrichtung ist es unschädlich, wenn der Strömungsaustritt auch eine radiale Komponente enthält,

hierdurch wird das Mischungsverhalten nicht wesentlich beeinträchtigt, jedoch auch nicht gefördert. Eine nach oben geneigte Ausrichtung wird der Fachmann besonders dann wählen, wenn in einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung oberhalb der Strahlmischer-Ebene noch ein statischer Mischer angeordnet wird.

5

[0015] Insgesamt ist es auf diese Weise möglich, mit einem Siedereaktor herkömmlicher Baugröße durch Umbau in der erfindungsgemäßen Weise den doppelten Umsatz nach Reaktion (1) zu erreichen. Der große Vorteil der Erfindung besteht daher in der unkomplizierten Nachrüstbarkeit bei Kapazitätserhöhungen in bestehenden Anlagen. Selbstverständlich ist es auch wirtschaftlich besonders bei großen Anlagen sinnvoll, Siedereaktoren schon bei der ursprünglichen Planung mit den erfindungsgemäßen Aufgabevorrichtungen auszustatten.

[0016] Die Erfindung umfasst auch die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit einem Siedereaktor, welcher aus einem Ausgasgefäß, einer im Naturumlauf betriebenen Reaktionsschleufe sowie Abzugsvorrichtungen für erzeugtes EDC besteht, und mindestens in einer Ebene einen oder mehrere Strahlmischer, die wie oben beschrieben angeordnet sind, aufweist. Die Vorrichtung kann optional auch statische Mischvorrichtungen enthalten.

20

[0017] Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Beispiels in Fig. 1 bis Fig. 3 näher erläutert. Fig. 1 zeigt einen Direktchlorierungsreaktor, der aus einem Ausgasgefäß 1, aus welchem sowohl gasförmiges EDC 2 als auch flüssiges EDC 3 abgezogen werden, und einer Schleufe 4 besteht, in welcher flüssiges EDC 5, angedeutet durch einen Pfeil, umläuft, und in welcher die Reaktion (1) durchgeführt wird. Im aufsteigenden Teil der Schleufe 4 befinden sich nacheinander die Zugabestellen für Ethylen 6, gelöstem Chlor 7 und EDC 8, wobei sich jedoch auch eine Vielzahl solcher Zugabestellen im Schlaufenreaktor befinden können.

[0018] Fig. 2 zeigt in einem Rohrquerschnitt durch den aufsteigenden Teil der Schleufe 4 die Anordnung von in diesem Beispiel 3 Strahlmischern 9a, 9b und 9c, die mit EDC 8 gespeist werden. Das hierbei verwendete EDC kann sowohl aus dem abgezogenen, flüssigen EDC 3 gebildet werden, nachdem dieses Wärme abgegeben hat, als auch durch kondensiertes, zuvor gasförmiges EDC 2, welches zurückgeführt wird. Selbstverständlich kommt auch eine Mischung daraus in Frage. Wie in Fig. 1 gezeigt, kann oberhalb der Strahlmischer-Ebene noch ein statischer Mischer angebracht werden.

35

- [0019]** Fig. 3 zeigt einen Längsschnitt durch einen aufsteigenden Teil der Schlaufe 4, in dem bereits die Lösung von Ethylen stattgefunden hat. Hierbei wird das gelöste Chlor 7 durch eine Vielzahl von Düsen über den Querschnitt verteilt eindosiert.
- 5 Direkt oberhalb dieser Chlor-Eindüsung befindet sich ein durch EDC 8 gespeister Strahlmischer 9a - weitere Strahlmischer werden hier nicht gezeigt, können aber vorhanden sein - sowie oberhalb des Strahlmischers 9a ein statischer Mischer 10. Der Strahlmischer 9a ist nach oben hin ausgerichtet und unterstützt die Strömung durch Einbringung einer Impulskomponente, die etwa dem Druckverlust entsprechen sollte,
- 10 die der statische Mischer verursacht, wobei gleichzeitig eine möglichst große Verwirbelung erzeugt wird.

[0020] Bezugszeichenliste

- | | |
|----|----------------------|
| 1 | Ausgasgefäß |
| 2 | gasförmiges EDC |
| 3 | flüssiges EDC |
| 4 | Schlaufe |
| 5 | flüssiges EDC |
| 6 | Ethylen-Zugabestelle |
| 7 | Chlor-Zugabestelle |
| 8 | EDC |
| 9a | Strahlmischer |
| 9b | Strahlmischer |
| 9c | Strahlmischer |
| 10 | statischer Mischer |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von 1,2-Dichlorethan hoher Reinheit aus gelöstem Chlor und gelöstem Ethylen, welche miteinander in Kontakt gebracht werden, unter Einsatz eines im Umlauf geführten flüssigen Reaktionsmediums, welches im Wesentlichen aus 1,2-Dichlorethan und einem Katalysator besteht und mindestens eine vertikal angeordnete, als Schlaufe ausgebildete Reaktionsstrecke durchläuft, wobei die beiden Schenkel der Schlaufe mit einem oberseitig angeordneten Ausgasbehälter verbunden sind, von dem aus das Reaktionsprodukt entweder gasförmig oder flüssig oder sowohl gasförmig als auch flüssig ausgeschleust wird, und wobei die Zugabestellen von Chlor und gelöstem Ethylen in dem Schenkel der Schlaufe angeordnet sind, in dem die Flüssigkeit aufsteigt, wobei stets einer stromaufwärts gelegenen Zugabestelle von Ethylen eine stromabwärts gelegene Zugabestelle von gelöstem Chlor folgt,

dadurch gekennzeichnet, dass

- jeder Zugabestelle von Chlor mindestens eine Zugabestelle von flüssigem 1,2-Dichlorethan folgt, und
 - die Zugabe des flüssigen 1,2-Dichlorethans unter so hoher kinetischer Energie erfolgt, dass eine starke Vermischung von 1,2-Dichlorethan, gelöstem Chlor und Ethylen erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zugabe des flüssigen 1,2-Dichlorethans mittels eines oder mehrerer Strahlmischern erfolgt.
 3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder die Strahlmischer innerhalb des Schlaufenreaktors so angeordnet sind, dass die sie verlassende Flüssigkeit quer zur aufwärts gerichteten Hauptströmungsrichtung gerichtet ist.
 4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder die Strahlmischer innerhalb des Schlaufenreaktors so angeordnet sind, dass die sie verlassende Flüssigkeit eine, im Rohrquerschnitt gesehen, tangentiale

Strömung erzeugt, die der aufwärts gerichteten Hauptströmungsrichtung überlagert ist.

5. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder die Strahlmischer innerhalb des Schlaufenreaktors so angeordnet sind, dass die sie verlassende Flüssigkeit eine, im Längsschnitt gesehen, aufwärts gerichtete Strömung erzeugt, die die aufwärts gerichtete Hauptströmungsrichtung verstärkt.
6. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder die Strahlmischer innerhalb des Schlaufenreaktors so angeordnet sind, dass die sie verlassende Flüssigkeit sowohl eine, im Rohrquerschnitt gesehen, tangentiale Strömung erzeugt, die der aufwärts gerichteten Hauptströmungsrichtung überlagert ist, als auch eine, im Längsschnitt gesehen, aufwärts gerichtete Strömung erzeugt, die die Aufwärtsströmung verstärkt.
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** außer den Strahlmischern auch statische Mischer in der aufwärts gerichteten Schlaufe des Schlaufenreaktors angeordnet sind.
8. Anlage zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7.

Fig. 1

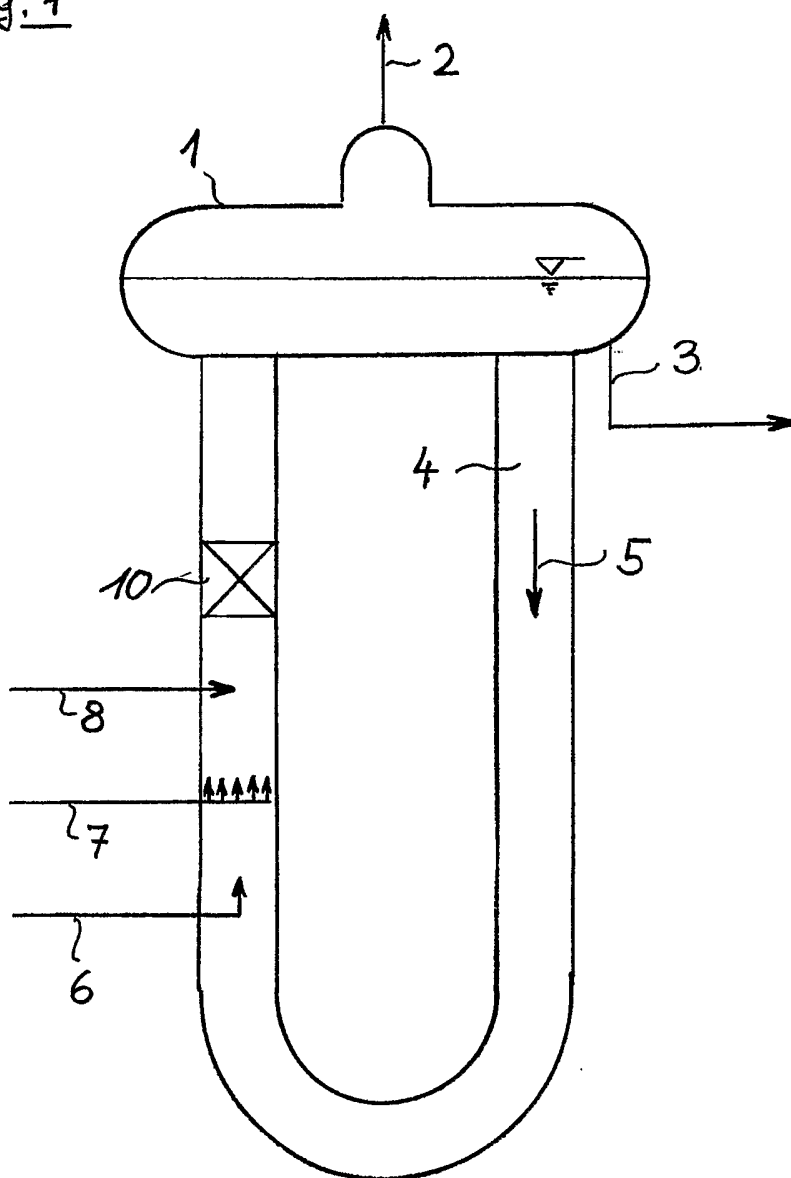


Fig. 2

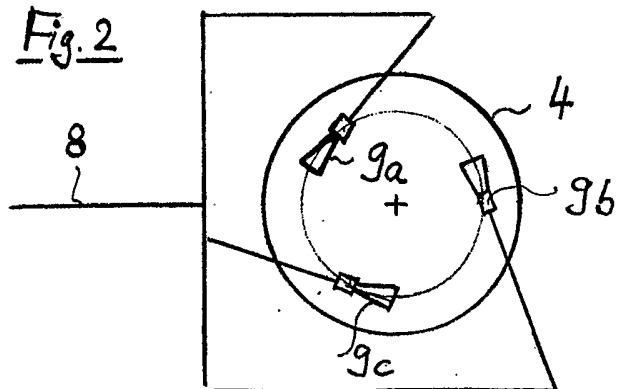


Fig. 3

