

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 87105496.1

51 Int. Cl.4: B03C 1/02

22 Anmeldetag: 14.04.87

30 Priorität: 21.04.86 DE 3613393

71 Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**  
**Berlin und München Wittelsbacherplatz 2**  
**D-8000 München 2(DE)**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
 28.10.87 Patentblatt 87/44

72 Erfinder: **Vollmar, Horst-Eckart, Dr.**  
**Schwalbenweg 28**  
**D-8521 Möhrendorf(DE)**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB**

54 **Verfahren zur kontinuierlichen Separation magnetisierbarer Partikel und Einrichtung zu seiner Durchführung.**

57 Verfahren zur kontinuierlichen Separation magnetisierbarer para- und/oder diamagnetischer Partikel aus einem mit den Partikeln beladenen Fluidstrom (A), der durch eine von einem hochgradienten-Magnetfeld (H) durchsetzte Trennregion längs eines Strömungshauptpfades (z) geleitet wird. Der partikelbeladene Fluidstrom (A) wird der Trennregion jeweils über vom Außenumfang der Trennregion her versorgte Einspeisezonen (6) und durch über den Querschnitt der Trennregion in Form wenigstens eines Zufuhr-Lochfeldes (ZL) verteilte Einspeiseöffnungen (4) als Vielzahl von Partialströmen zugeleitet. Die Partialströme werden sodann innerhalb der Trennregion über wenigstens ein Trenn-Lochfeld (TL) über den Querschnitt der Trennregion verteilter Polkörper-Mündungen (1) und zugehöriger ferromagnetischer Polkörper-Wandteile (2) geleitet, welche letztere in Richtung ihrer Mündungsachsen vom Hauptmagnetfluß (H) durchsetzt werden. Dadurch erfolgt eine Aufteilung in einen ersten Zweigstrom (p) und in einen zweiten Zweigstrom (d), auf welche Zweigströme von dem Gradientenfeld der Polkörper-Mündungen (1) attraktive Kräfte ( $F_m$ ) bzw. repulsive Kräfte in eine Richtung hin zu bzw. weg von den Polkörper-Mündungen (1) ausgeübt werden.

Die Erfindung betrifft auch eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit lochblechartigen feinstrukturen (3,3) für die Strömungsleit-Matrix (TL) der Polkörper (PK) und (5,5) für die Zufuhr-Lochfelder (ZL)./

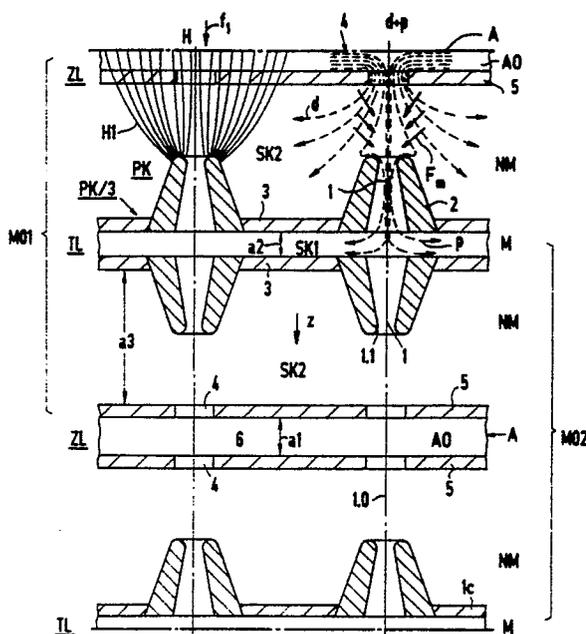


FIG 1

EP 0 242 773 A2

## Verfahren zur kontinuierlichen Separation magnetisierbarer Partikel und Einrichtung zu seiner Durchführung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur kontinuierlichen Separation magnetisierbarer paramagnetischer und/oder diamagnetischer Partikel aus einem mit den Partikeln beladenen Fluidstrom, der durch eine von einem Hochgradienten-Magnetfeld durchsetzte Trennregion längs eines Strömungshauptpfades geleitet wird, gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1.

Es ist ein nicht gattungsgemäßes Verfahren, das überwiegend zur Kaolin-Reinigung eingesetzt wird, bekannt, welches nicht kontinuierlich, sondern zyklisch mit Hochgradienten-Magnetseparatoren arbeitet, wobei die magnetisierbaren Partikel an der Stahlwollefüllung angelagert werden und letztere deshalb zyklisch gespült werden muß. Die Aufarbeitung von Substanzen mit hohem Anteil magnetisierbarer Partikel wird wegen der kurzen Zykluszeiten unwirtschaftlich.

Es sind weiterhin nach einem nicht gattungsgemäßen Verfahren, d.h. diskontinuierlich, arbeitende Hochgradienten-Magnetscheider in Karussellbauweise bekannt, welche eine aufwendige Spulenkonstruktion haben und das vom Magnetfeld erfüllte Volumen relativ schlecht ausnutzen; außerdem müssen große Massen durch die Magnetspulen bewegt werden.

Schließlich sind auch nicht gattungsgemäß nach dem OGMS-Verfahren arbeitende Magnetscheider (OGMS = Open Gradient Magnetic Separation), welche kontinuierlich arbeiten und bei denen die Feldgradienten von gegensinnig erregten supraleitenden Spulen erzeugt werden. Diese sind aber aufgrund der um etwa zwei Größenordnungen kleineren Kraftdichten im Vergleich zu einem gattungsgemäßen Verfahren nur zu Separation größerer, stark paramagnetischer Partikel geeignet.

Durch die US-PS 4 261 815 ist ein gattungsgemäßes Verfahren bekannt, welches zur kontinuierlichen Magnetscheidung mit hohen Feldgradienten arbeitet. Die zu seiner Durchführung angegebene Einrichtung eines Magnetscheiders besteht aus einer ersten Matrix von senkrecht zum Magnetfeld stehenden Drähten zur Feldgradienten-Erzeugung und Partikelablenkung und einer zweiten Gitter-Matrix zur Separation der in Drahrichtung fließenden Partikelströme. Erste und zweite Matrix bilden die Strömungsleit-Matrix, wobei das Hauptproblem bei dieser bekannten Einrichtung in der schwierigen Fertigung der achsparallel angeordneten Vielzahl von dünnen Drähten, deren Durchmesser z.B. 0,2 mm beträgt und deren Abstände voneinander z.B. 2 mm betragen, liegt. Das Hochleistungs-Magnetfeld durchsetzt den rohrförmigen Magnetscheider in achsquerer Richtung, dessen

Gehäuse demgemäß aus nicht magnetischem Material besteht. Aufgrund der diffizilen Anordnung in seinem Inneren ist ein mit einem solchen Magnetscheider arbeitendes Verfahren im kontinuierlichen Betrieb relativ schmutz- und demgemäß störanfällig.

Eine zweite Variante einer Strömungsleit-Matrix für das Abscheideverfahren nach der genannten US-PS ist veröffentlicht in der Zeitschrift "IEEE Trans. Magn. MAG. 19, 2127 (1983) und besteht ebenfalls aus einer Drahtgittermatrix, wobei senkrecht zur Drahrichtung das Magnetfeld angelegt wird und der Partikelstrom in Drahrichtung oder achsparallel dazu fließt. Bei dieser zweiten Variante ist die Separation der Partikel auch über repulsive magnetische Kräfte erwähnt. Der Bereich attraktiver Kräfte wird durch Platten aus nicht magnetisierbarem Material abgedeckt. Auf dieses im Labormaßstab erprobte System treffen die im bezug auf die erste Variante nach der genannten US-PS erwähnten Probleme sinngemäß zu.

Ausgehend von dem gattungsgemäßen Verfahren, liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, dieses so auszugestalten, daß das Problem der kontinuierlichen Aufkonzentrierung magnetisierbarer Partikel im Kräftebereich der Hochgradienten-Magnetseparatoren auf robustere und weniger zu Verstopfungen neigende Weise und deshalb insgesamt auch mit besserem Wirkungsgrad verwirklicht werden kann.

Erfindungsgemäß wird die gestellte Aufgabe bei einem gattungsgemäßen Verfahren nach Anspruch 1 durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Die mit diesem Verfahren erzielbaren Vorteile sind vor allem darin zu sehen, daß zu seiner Verwirklichung für die Lochfelder relativ robuste Lochplatten Verwendung finden können. Die Einleitung des Hochgradienten-Magnetfeldes mit seinen Kraftlinien gleichgerichtet zur Richtung des Hauptströmungspfadades bzw. in Achsrichtung der Polkörper-Mündungen ermöglicht die Verwendung von zylindrischen Hochleistungs-Solenoidspulen mit einer äusserst günstigen Feldeinleitung in das Innere der Trennregion. Das Verfahren ist kontinuierlich mit großen Durchsatz und erheblich reduzierter Verstopfungsfahr durchführbar.

Gegenstand der Erfindung ist auch eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, wie sie im Oberbegriff des Anspruchs 2 umschrieben und durch die erwähnte US-PS 4 261 815 prinzipiell bekannt ist. Mit dieser im Gattungsbegriff des Anspruchs 1 definierten Einrichtung wird die Aufgabe, eine besonders vorteilhafte,

verfahrens- und herstellungs-freundliche sowie robuste Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung zu schaffen, erfindungsgemäß durch die im Kennzeichen des Anspruchs 2 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des Gegenstandes des Anspruchs 2 sind in den Unteransprüchen 3 bis 20 angegeben.

Im folgenden werden anhand der Zeichnung, in der mehrere Ausführungsbeispiele dargestellt sind, das Verfahren nach der Erfindung und die Einrichtung zu seiner Durchführung noch näher erläutert.

Darin zeigt in zum Teil vereinfachter, schematischer Darstellung:

Fig. 1 einen vergrößerten Ausschnitt der im Innern eines Trennrohres angeordneten Trennstruktur mit einer aus Polkörper-Mündungen, Polkörper-Wandteilen sowie verbindenden Lochblech-Wandteilen bestehenden Strömungsleit-Matrix und mit korrespondierenden Zufuhr-Lochfeldern;

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel in einer Fig. 1 entsprechenden Darstellungsweise, wobei die Polkörper-Mündungen nicht als Düsenkörper, sondern als Öffnungen in ebenen Lochblechen ausgeführt sind;

Fig. 3 perspektivisch und in verkürzter Darstellung ein Trennrohr, welches eine Trennstruktur nach Fig. 1 aufweist;

Fig. 4 einen Querschnitt durch das Trennrohr nach Fig. 3 mit eingetragenen Maßangaben zur Verdeutlichung der Größenverhältnisse;

Fig. 5 ein aus einer Vielzahl von Trennrohren nach Fig. 3 und 4 aufgebauten Trenn-Kanister, perspektivisch, mit zum Teil weggebrochenen Wandteilen;

Fig. 6 in entsprechender Darstellung zu Fig. 5, jedoch vergrößert eine geringfügig modifizierte Ausführung des Trenn-Kanisters nach Fig. 5;

Fig. 7 einen vergrößerten Querschnitt durch den Trenn-Kanister nach Fig. 6 und

Fig. 8 eine Kaskadenschaltung für kontinuierlich arbeitende Hochgradienten-Magnetscheider unter Verwendung dreier unterschiedlich langer Trenn-Kanister nach Fig. 5 bzw. 6.

Die in Figuren 1 bis 8 dargestellte Einrichtung verwirklicht ein Verfahren nach Anspruch 1. Kernstück dieser Einrichtung eines kontinuierlichen Magnetscheiders ist eine lochblechartige Feinstruktur, die sowohl zur Ausbildung der zur Separation erforderlichen Magnetfeldgradienten dient, als auch die an magnetisierbarem Material angereicherten und verarmten Teilströme getrennt führt.

Die Feinstruktur der Strömungsleit-Matrix weist gemäß Fig. 1 als Ganzes mit TL bezeichnete Trenn-Lochfelder auf und in Richtung des Strömungshauptpfades z dazwischen angeordnete Zufuhr-Lochfelder ZL. Die Polkörper Mündungen 1 und die diese begrenzenden Polkörper-Wandteile 2 werden von einer lochblechartigen Feinstruktur mit

hohlkegelförmigen, vorspringenden Düsen im Lochbereich gebildet. Die Polkörper-Wandteile 2 bestehen aus ferromagnetischem Material, die übrigen Wandteile 3 der lochblechartigen Feinstruktur aus nicht magnetisierbarem bzw. diamagnetischem oder schwach paramagnetischem Material. Eine weitere lochblechartige Feinstruktur für die Zufuhr-Lochfelder ZL weist jeweils zueinander planparallel beabstandete und mit ihren Einspeiseöffnungen 4 kongruent zu den Polkörper-Mündungen 1 angeordnete Paare von Lochblechen 5 auf, wobei der Zwischenraum 6 zwischen den gepaarten Lochblechen 5,5 als Einspeisezone dient für den partikelbeladenen Fluidstrom A.

Auch bei der Strömungsleit-Matrix aus den Trenn-Lochfeldern TL sind die Lochbleche 3 paarweise, insbesondere spiegelbildlich zueinander, so übereinander gestapelt, daß die Polkörper-Mündungen 1 und die Polkörper-Wandteile 2 jeweils auf einer gemeinsamen Achse liegen. Eingezeichnet ist bei der linken oberen Polkörper-Anordnung schematisch die durch die als Ganzes mit PK bezeichneten Polkörper erzeugte Feldverengung des als Ganzes mit H bezeichneten magnetischen Feldes, dessen Hauptflußrichtung in Richtung des Pfeiles f, weist. Wegen der lokalen Rotationssymmetrie erfolgt die Feldverengung sogar noch stärker als in Fig. 1 dargestellt, und zwar zweidimensional. Rechts neben dem schematisch dargestellten Feldverlauf ist schematisch die Flußrichtung des ankommenden partikelbeladenen Fluidstromes A durch unterbrochene Linien dargestellt. Die auf paramagnetische Partikel wirkenden magnetischen Kräfte sind durch Pfeile  $F_m$  angedeutet und bewirken eine Konzentration der paramagnetischen Partikel im in die Polkörper-Mündungen fließenden Kernstrom, während der zwischen dem Lochblech 5 und dem Trenn-Lochfeld TL bzw. den zugehörigen Polkörpern PK und Lochblechen 3 verbleibende Teilstrom d an paramagnetischen Partikeln verarmt. Dieser Teilstrom d wird als zweiter Zweigstrom und der in die Polkörper Mündungen 1 gelenkte Zweigstrom p als erster Zweigstrom bezeichnet. Für diamagnetische Partikel wirken die magnetischen Kräfte (siehe Pfeile  $F_m$ ), welche mit dem entsprechenden Gradientenfeld zusammenfallen, in entgegengesetzter Richtung, so daß sich eine Verarmung diamagnetischer Partikel im Kernstrom bzw. ersten Zweigstrom p ergibt.

Die Lochbleche 5 der Zufuhr-Lochfelder ZL bestehen ebenso wie die Lochblech-Wandteile 3 aus nicht magnetischem bzw. diamagnetischem oder schwach paramagnetischem Material. Sie sind mit Abstand a1 zueinander angeordnet und bilden zwischen sich die Einspeisezone A1. Die Lochbleche 3 der als Ganzes mit PK/3 bezeichneten Strömungsleit-Matrix sind ebenfalls mit Abstand

zueinander angeordnet, der mit  $a_2$  bezeichnet ist. Dieser Abstandszwischenraum bildet die erste Sammelkammer SK1 für die ersten Zweigströme  $p$ , die in gesammelter Form mit  $M$  bezeichnet sind. Die zwischen dem Lochblech 5 und der Strömungsleit Matrix PK/3 angeordnete Strömungszone ist eine zweite Sammelkammer SK2 für die an paramagnetischen Partikeln  $p$  verarmte Fraktion  $d$  (zweiter Zweigstrom), und die zweiten Zweigströme ergeben den Gesamtstrom NM in der zweiten Sammelkammer SK2.

Eine Variante der in Fig. 1 gezeigten Feinstruktur, die nicht mit attraktiven Kräften für paramagnetische Partikel, sondern mit repulsiven Kräften arbeitet, zeigt Fig. 2. Sie besteht aus je zwei übereinander gestapelten Lochblechpaaren  $3'$ ,  $3'$ , wobei der partikelbeladene Fluidstrom  $A$  zwischen den dünnen Lochblechpaaren  $5'$ ,  $5'$  aus nicht magnetisierbarem Material zugeführt wird und die an paramagnetischen Partikeln verarmte Fraktion  $d$  zwischen den aus ferromagnetischem Material gefertigten stärkeren Lochblechen  $3'$ ,  $3'$  (Sammelkammer SK1) abgeführt wird, dagegen die an paramagnetischen Partikeln angereicherte Fraktion innerhalb der Sammelkammer SK2.

Zur Separation werden hierbei die magnetischen Feldlinien lokal stark verdünnt, was zu repulsiven Kräften auf paramagnetische Partikel führt, die im Kernstrom  $d$  entsprechend verarmt werden. Diamagnetische Partikel dagegen werden im Kernstrom angereichert. Der Vorteil dieser Trennstruktur ist die noch geringere Verstopfungsgefahr, falls ein gewisser Anteil an ferro- oder stark paramagnetischen Partikeln im ankommenden Fluidstrom  $A$  vorhanden ist. Außerdem ist diese Trennstruktur einfacher herzustellen.

Gemäß FIG 3 lassen sich die mit den Polkörpern PK oder PK' versehenen Lochbleche 3 und die die Einspeiseöffnungen 4 aufweisenden Lochbleche 5 zu Modulen zusammenfassen und zu einem Trennrohr TR stapeln. Dabei wird das Trennrohr TR segmentweise geschlitzt zur Zufuhr der ankommenden partikelbeladenen Fluidströme (unter Fluidströmen können grundsätzlich nicht nur Flüssigkeitsströme, sondern auch Gasströme verstanden werden) und zur Ableitung der magnetischen und der nichtmagnetischen Fraktionen. Die Einspeisöffnungen 4 und die Polkörper-Mündungen 1 bzw. Düsen befinden sich jeweils übereinander in hexagonaler Gitteranordnung.

FIG 4 vermittelt beispielsweise günstige Abmessungen für ein einzelnes Trennrohr (in Millimeter).

Eine Vielzahl von Trennröhrchen der in FIG 3 gezeigten Art lassen sich zu einem Trenn-Kanister zusammenfassen, wie er in FIG 5 bzw. in FIG 6 perspektivisch dargestellt ist, der zusammen mit dem den Trenn-Kanister umgebenden Solenoid und den (nicht näher dargestellten) Versorgungseinheiten den Magnetseparator bildet.

Gemäß FIG 5 wird der partikelbeladene Fluidstrom über den Rohrstutzen 11 einer Haupt-Einspeiseleitung dem Trennkanister TK zugeführt und über ein Strömungseinleitblech 10 und die Rohrzwischenräume 20 jedem Trennrohr TR von drei Seiten zugeleitet, während die nicht magnetische Fraktion über die übrigen Rohrzwischenräume getrennt voneinander abgeleitet wird. Die Zwischenplatte 30 (Strömungsausleitblech) trennt die beiden Fraktionen auf die Weise, daß die die magnetische Fraktion führenden Kanäle oberhalb und die die nicht magnetische Fraktion führenden Kanäle unterhalb der Zwischenplatte 30 enden. Die erste und die zweite Haupt-Sammelleitung 60 bzw. 70 zur Ableitung der beiden Fraktionen sind mit ihren entsprechenden Rohrstutzen in die Zwischenplatte 30 bzw. in die Grundplatte 40 eingeschweißt.

Die sich aus der hexagonalen Anordnung der Trennröhre TR ergebenden sechs Füllkörper 50 können als Rohrleitung bei einer Kaskadenschaltung verwendet werden, vergleiche FIG 8, wobei der Magnetseparator aus mehreren Trennkanistern im Magnetfeld eines Solenoids  $S$  besteht.

Der Querschnitt nach FIG 7 zeigt die in einem hexagonalen Raster angeordneten Trennröhre TR innerhalb des Trenn-Kanisters, wobei ein einzelnes Trennrohr detaillierter dargestellt ist.

Als Separator-Behälter im Sinne der Erfindung können sowohl das in FIG 3 und 4 dargestellte Trennrohr TR als auch der in FIG 5 bis 7 dargestellte Trennkanister TK mit ihren Strömungshauptpfaden  $z$  aufgefaßt werden. Zunächst im einzelnen zum Ausführungsbeispiel nach FIG 1, 3 und 4. Die durch die Stapelung in Richtung  $z$  der Module MO1 bzw. MO2 (vergleiche FIG 1) gebildeten Schlitze werden durch die am Außenumfang 7 des Trennröhres TR angebrachten radial-axial verlaufenden Schottwände 9 in drei Gruppen von Schlitzen unterteilt: erste Schlitze 8.1 zur Zufuhr des Fluidstromes zu den Einspeisezonen A0 der Module von einer Einspeiseleitung. Die Einspeiseleitungsfunktion übernehmen hierbei die Leitungsvolumina  $v_1$ ,  $v_2$  und  $v_3$ , welche die Gestalt von Säulen mit ringsektorförmigem Querschnitt haben und jeweils zwischen zwei in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Schottwänden 9 begrenzt sind. Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Schottwände 9 hexagonal angeordnet, d.h. sie liegen auf Radien, die zwischen sich jeweils Sektoren mit einem Sektorwinkel von  $60^\circ$  aufspannen. Die

drei Leitungsvolumina  $v_1$ ,  $v_2$  und  $v_3$  sind gleichmäßig über den Umfang des Trennrohres verteilt. Zwischen den Leitungsvolumina  $v_1$  und  $v_2$  befindet sich das Leitungsvolumen  $v_4$  unmittelbar anliegend und kommunizierend zu bzw. mit den zweiten Schlitz 8.2 zur Abfuhr der in den ersten Sammelkammern SK1 der Module (FIG 1) gesammelten ersten Zweigströme M. Im Falle des zweiten Ausführungsbeispiels nach FIG 2 sind die ersten Zweigströme definitionsgemäß mit NM bezeichnet, worauf aber noch eingegangen wird. Durch die gestrichelte Linie ist innerhalb des Leitungsvolumens  $v_4$  der Austritt der in den jeweiligen Modulen gesammelten ersten Teilströme M angedeutet. In Uhrzeigerichtung gesehen folgt auf das Leitungsvolumen  $v_2$  das Leitungsvolumen  $v_5$ , darauf das Leitungsvolumen  $v_3$  und darauf wiederum das Leitungsvolumen  $v_6$ . Die Leitungsvolumina  $v_5$  und  $v_6$  sind anliegend zu und kommunizierend mit den dritten Schlitz 8.3 angeordnet, d.h., sie dienen als Sammelleitung für die aus den jeweiligen Modulen radial austretenden gesammelten zweiten Teilströmen NM, wie durch die gestrichelte Strömungslinie im rechten Teil der FIG 3 angedeutet. Diese Sammelleitungen  $v_5$  und  $v_6$  kommunizieren mithin mit den zweiten Sammelkammern SK2 (vergleiche FIG 1).

Zurückkommend auf die Detaildarstellung nach FIG 1 ist erkennbar, daß über die Einspeisezone A0 und das jeweilige Zufuhr-Lochfeld ZL der ankommende partikelbeladene Fluidstrom A pro Loch 4 in die Partialströme  $d + p$  jeweils unterteilt wird, welche jeweils para- und diamagnetische Partikel enthalten. Die Hauptströmungsrichtung  $z$  und die Hauptfeldrichtung des Hochgradienten-Magnetfeldes  $H$  fallen zusammen bzw. laufen achsparallel zueinander; durch die Polkörper PK werden dann die schon erwähnten lokalen Gradientenfelder H1 erzeugt, weil die magnetischen Feldlinien bevorzugt in diese ferromagnetischen Körper eintreten, so daß sich die in FIG 1 dargestellten Einschnürungen und Feldlinien-Verdichtungen ergeben. Der Einfachheit halber sei für die folgenden Betrachtungen die erste, paramagnetische Partikelgruppe ebenso wie der mit ihr angereicherte Teilstrom mit  $p$  und die zweite diamagnetische Partikelgruppe ebenso wie der mit ihr angereicherte Teilstrom mit  $d$  bezeichnet. Ordnet man der ersten Partikelgruppe  $p$  eine erste magnetische Suszeptibilität  $\chi_1$  und der zweiten Partikelgruppe  $d$  eine zweite magnetische Suszeptibilität  $\chi_2$  zu, die voneinander und auch im Bezug auf die magnetische Suszeptibilität  $\chi_F$  des Fluids bzw. Trägerfluids unterschiedlich sind, so kann man mit den lokalen Gradientenfeldern H1 der Polkörper PK jeweils auf die beiden Gruppen der Partikel unterschiedlich starke magnetische Ablenkkräfte aufgrund unterschiedlicher magnetischer Dipolmomente ausüben.

Zur Erzielung dieses bereits erläuterten Ablenkvorganges ist nun die Strömungsleit-Matrix PK/3 durch wenigstens ein Trenn-Lochfeld TL über den Querschnitt der Trennregion verteilter Polkörper-Mündungen 1 und zugehöriger ferromagnetischer Polkörper-Wandteile 2 eines Strömungsleitkörpers gebildet. Der Hauptmagnetfluß  $H$  verläuft, wie erwähnt, in Achsrichtung 1.0 der Polkörpermündungen 1 und damit parallel zum Strömungshauptpfad bzw. der Hauptströmungsrichtung  $z$ . Stromaufwärts und im Abstand  $a_3$  zur Strömungsleit-Matrix PK/3 ist wenigstens ein Zufuhr-Lochblech ZL eines weiteren Strömungsleitkörpers angeordnet, dessen Einspeiseöffnungen 4 mit den Polkörper-Mündungen 1 korrespondieren und insbesondere mit diesen gleichachsig angeordnet sind. Das als Strömungsleitkörper fungierende Zufuhr-Lochblech ZL teilt den ihm vom Außenumfang der Trennregion her über Einspeisezonen  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$  (vergleiche - (FIG 3) zuströmenden Fluidstrom A in den Polkörper-Mündungen 1 zuströmende Partialströme  $p + d$  auf. Mit den Polkörper-Mündungen 1 kommuniziert auslaßseitig wenigstens eine erste Sammelkammer SK1. Das Strömungsvolumen zwischen dem Zufuhr-Lochblech ZL des diamagnetischen Strömungsleitkörpers und dem Trenn-Lochfeld TL der Polkörper-Wandteile 3 dient als zweite Sammelkammer SK2. Die erste Sammelkammer SK1 ist an eine Sammelleitung  $v_4$  angeschlossen (FIG 3), und die zweite Sammelkammer SK2 ist an die andere Sammelleitung  $v_5$ ,  $v_6$  angeschlossen. Es sind also wenigstens zwei Sammelleitungen, je eine für den ersten Zweigstrom  $p$  bzw. den zweiten Zweigstrom  $d$ , erforderlich. Wie es weiter unten noch erläutert wird, sind dann im Rahmen der Vereinigung einer Vielzahl von Trennrohren TR nach FIG 3 zu einem Trennkanister TK die ersten Sammelleitungen  $v_4$  an die erste Hauptsammelleitungen 60 und die zweiten Sammelleitungen  $v_5$ ,  $v_6$  an die zweite Hauptsammelleitungen 70 angeschlossen bzw. kommunizieren mit diesen Hauptleitungen.

Man erkennt aus FIG 1 und FIG 3, daß die Polkörper-Mündungen 1 und -Wandteile 3 des jeweiligen Trenn-Lochfeldes TL von einer lochblechartigen Feinstruktur mit hohlkegelförmigen, vorspringenden Düsen PK im Lochbereich gebildet sind und die Feldlinienverdichtung im Bereich der Düsen-Mündungen 1 lokale Gradientenfelder H1 ergibt, welche auf in Richtung der Düsenachse 1.0 zuströmende paramagnetische Partikel attraktive Kräfte, siehe Pfeile  $F_m$ , und auf entsprechend zuströmende diamagnetische Partikel  $d$  repulsive Kräfte ausüben, so daß der durch die Düsen PK bzw. Polkörper eintretende Kern-Zweigstrom  $p$  an paramagnetischen Partikeln angereichert ist, dagegen der vor den Düsen PK vorbeiströmende ande-

re bzw. zweite Zweigstrom  $d$  an paramagnetischen Partikeln verarmt und an diamagnetischen Partikeln angereichert ist. Die Begrenzungskanten 1.1 der Polkörper-bzw. Düsenmündungen 1 sind, wie dargestellt, abgerundet, was günstig in Bezug auf den Feldlinienverlauf und den Durchströmungswiderstand ist und somit den Abscheidegrad verbessert. Die Einspeiseöffnungen 4 des Zufuhr-Lochbleches ZL sind zu den Polkörper-Mündungen 1 des Trenn-Lochfeldes TL jeweils gleichachsig angeordnet. Insbesondere ist eine lochblechartige Feinstruktur für die Polkörper-Mündungen 1 und die Polkörper-Wandteile 3 der Strömungsleit-Matrix PK/3 jeweils paarweise mit zueinander planparallel beabstandeter (Abstand  $a_2$ ) und kongruenter Anordnung der beiden gepaarten Lochbleche 3-3 vorgesehen, wobei der Zwischenraum zwischen den gepaarten Lochblechen 3-3 als Sammelkammer SK1 der ersten Zweigströme  $p$  dient und der außerhalb der Lochbleche liegende, an die Zufuhr-Lochfelder ZL angrenzende Raum als zweite Sammelkammer SK2 für die zweiten Zweigströme  $d$  dient. Dabei ist gemäß FIG 1 auch der Strömungsleitkörper für das Zufuhr-Lochfeld ZL jeweils als lochblechartige Feinstruktur ausgebildet, und zwar mit zueinander planparallel beabstandeter (Abstand  $a_1$ ) und kongruenter Anordnung der beiden gepaarten Lochbleche 5-5, wobei der Zwischenraum zwischen den gepaarten Lochblechen 5-5 als Einspeisezone A0 dient.

An sich läßt sich bereits ein Trenneffekt erzielen, wenn man einem Trenn-Lochfeld TL mit einem einzigen Lochblech 3 mit Polkörpern PK auf dessen Polkörperseite ein Zufuhr-Lochfeld ZL mit einem einzigen Lochblech 5 zuordnet. Hier wie im folgenden soll jedoch unter Trenn-Modul die kleinste, zufriedenstellend funktionierende und im Rahmen eines Trennrohres TR in Hauptströmungsrichtung  $z$  mehrfach axial aneinandergereihte Grundeinheit MO1 verstanden werden. Jedes dieser Trenn-Module MO1 besteht aus einem Lochblech-Paar 3-3 für die Strömungsleit-Matrix PK/3 und je einem beidseits dieses Lochblech-paares im Abstand  $a_3$  spiegelbildlich angeordneten Lochblech 5 für die Zufuhr-Lochfelder ZL. Diese Module MO1, von denen eines aus FIG 1 vollständig erkennbar ist, sind derart mit Abständen  $a_1$  übereinander gestapelt, daß durch die einander benachbarten Lochbleche 5 der Zufuhr-Lochfelder ZL der aufeinanderfolgenden Module die Einspeisezonen A0 gebildet sind. Als kleinste in Stapelrichtung gebildet sich mehrfach oder vielfach wiederholende Moduleinheit kann auch der Trenn-Modul MO2 angesehen werden, jeder davon bestehend aus einem Lochblech-Paar 5-5 für die Einspeisezonen A0 und je einem beidseits dieses Lochblech-Paares im Abstand  $a_3$  spiegelbildlich angeordneten Lochblech 5

für die Trenn-Lochfelder TL. Diese Module MO2 sind sinngemäß zu den Modulen MO1 derart mit Abständen  $a_2$  übereinander gestapelt, daß durch die einander benachbarten Lochbleche 3-3 der Trenn-Lochfelder TL der aufeinanderfolgenden Module die ersten Sammelkammern SK1 gebildet sind. Durch diese gestapelte Anordnung der einzelnen Module MO1 bzw. MO2 ergibt sich die zweiflutige Zuströmung in Richtung  $z$  und in Richtung  $-z$  und auch eine zweiflutige Abströmung in diesen beiden Richtungen, was eine sehr gute Ausnutzung des Volumens eines Trennrohres TR (FIG 3) ergibt. Bevorzugt hat ein solches Trennrohr TR einen kreisförmigen Querschnitt, so daß also auch die Lochfelder bzw. Lochbleche ZL, TL, wie aus FIG 3 zu ersehen, einen kreisförmigen Grundriß aufweisen. Die Trenn-Module MO1 bzw. MO2 sind entsprechend FIG 3 in Richtung  $z$  übereinandergestapelt und mechanisch fest miteinander zum Trennrohr TR verbunden (entsprechende Schraub- oder Schweiß-Verbindungen sind nicht näher dargestellt), wobei die Trenn-Module von der Rohrwand 7 an ihrem Außenumfang umgeben sind, wobei diese Rohrwand 7 mit den Schlitzen 8.1, 8.2, 8.3 versehen ist, wie bereits erläutert.

Das anhand von FIG 1 erläuterte Grundprinzip der Lochblechanordnung ist auch beim zweiten Ausführungsbeispiel nach FIG 2 beibehalten worden. Dort sind die Polkörper-Mündungen 1' und -Wandteile 3' eines Trenn-Lochfeldes TL jeweils von einer lochblechartigen Feinstruktur derart gebildet, daß die Feldlinienverdünnung im Lochbereich lokale Gradientenfelder H2 ergibt, welche auf in Richtung der Lochachse 1.0 zuströmende paramagnetische Partikel  $p$  repulsive Kräfte und auf entsprechend zuströmende diamagnetische Partikel  $d$  attraktive Kräfte ausüben, wie anhand der Pfeile  $F_m^1$  symbolisiert, so daß der durch die Polkörper-Mündungen 1' strömende Kern-Zweigstrom  $d$  an diamagnetischen Partikeln angereichert ist, dagegen der vor den Polkörper-Mündungen 1' vorbeiströmende Zweigstrom  $p$  an diamagnetischen Partikeln angereichert ist. Sinngemäß zum ersten Ausführungsbeispiel nach FIG 1 ist es auch hierbei vorteilhaft, die Lochbegrenzungskanten 1.1', wie dargestellt, auf der Zu- und auf der Abströmseite abzurunden. Die zu FIG 1 analogen Trenn-Module sind hier mit MO1' bzw. MO2' bezeichnet. Aus diesen einzelnen Trenn-Modulen kann dann wieder ein Trennrohr TR sinngemäß zur Anordnung nach FIG 3 aufgebaut werden. Der Vorteil eines solchen Trennrohres aus den Modulen MO1' bzw. MO2' ist insbesondere der, daß die Herstellung der Strömungsleit-Matrix PK/3' preiswerter ist als diejenige der Strömungsleit-Matrix nach FIG 1, weil als

Polkörper PK' lediglich die stehbleibenden Partien eines ferromagnetischen Lochbleches dienen und besondere Düsenkörper hier nicht vorgesehen sind.

Wie bereits angedeutet, ist ein einzelnes Trennröhr TR nach FIG 3, wenn es mit einem geeigneten Gehäuse zur Zuleitung der partikelbeladenen Fluidströme A und zur Ableitung der beiden Fraktionen M (an paramagnetischen Partikeln p angereichert) und NM (an diamagnetischen Partikeln angereichert) versehen ist, schon funktionstüchtig, allerdings eher für labormäßigen bzw. experimentellen Gebrauch. Für kommerzielle Zwecke empfiehlt es sich, gemäß FIG 5 bis 7, daß eine Vielzahl von Trennröhren TR in achsparalleler Anordnung zu einem Trennröhrenfeld vereinigt wird und zusammen mit einem das Trennröhrenfeld umgebenden Behälter 100, welcher deckseitig wenigstens eine gemeinsame Haupt-Einspeiseleitung 11 und bodenseitig erste sowie zweite Haupt-Sammelleitungen 60, 70 aufweist, zu einem Trenn-Kanister TK zusammengefaßt wird. Die Ausführungen nach FIG 5 und FIG 6 sind fast identisch bis auf die Tatsache, daß die Haupt-Einspeiseleitung 11 in FIG 5 zentral an den Trenn-Kanister angeschlossen ist, nach FIG 6 dagegen exzentrisch zu dessen Rotationsachse. In FIG 5 bis 7 ist ein Hochleistungs-Solenoid bzw. -Magnet MM nicht dargestellt; es versteht sich, daß ein solcher Hochleistungs-Magnet, acht angeordnete Trenn-Kanister, auch um einen einzigen Trenn-Kanister nach FIG 5 bis 7 herum angeordnet sein kann, so daß dessen Feldlinien die Mehrfach-Anordnung der Trennröhre TR im Inneren des Trenn-Kanisters TK im wesentlichen in axialer Richtung durchsetzen.

Man erkennt insbesondere aus FIG 6 und 7, daß die Trennröhre TR in einem hexagonalen Raster angeordnet sind und daß die zwischen diesen Trennröhren freibleibenden Zwickel-Gassen durch die Schottwände 9 in Einspeise- oder Sammelleitungen 20 unterteilt werden, wobei die Einspeiseleitungen durch die Leitungsvolumina  $v_1$  bis  $v_3$  gebildet werden und erste Sammelleitungen durch die Leitungsvolumina  $v_4$  sowie die zweiten Sammelleitungen durch die Leitungsvolumina  $v_5$ ,  $v_6$  (vergleiche dazu FIG 3). Der beladene Fluidstrom A wird über die deckseitige Haupt-Einspeiseleitung 11 einer Vorkammer 12 des Trenn-Kanisters TK und von dieser über in einem entsprechend gelochten Strömungsleitblech 10 vorgesehene Einspeiseöffnungen 10.1, deren Grundriß dem Querschnitt der Zwickelräume 20 zwischen den Trennröhren TR und Schottwänden 9 entspricht, allen Einspeiseleitungen  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$  parallel zugeführt. Bodenseitig sind am Trenn-Kanister TK zwei weitere, axial benachbarte Nachschaltkammern 13, 14 vorgesehen (FIG 6), welche über die zwickelförmigen Auslaßöffnungen 30.1 bzw. 31.1 der

gelochten Strömungsausleitbleche 30, 31 mit den ersten bzw. zweiten Sammelleitungen  $v_4$  bzw.  $v_5$ ,  $v_6$  kommunizieren und in die erste bzw. zweite Haupt-Sammelleitung 60 für die Fraktion M bzw. 70 für die Fraktion NM münden.

Die äußere Stützkonstruktion für den Trennkanister TK nach FIG 5 bis 7 ist aus Gründen der übersichtlichen Darstellung weggelassen worden.

Dies gilt auch für die schematische Darstellung nach FIG 8 einer Separator-Kaskade mit drei Trennkanistern TK1, TK2 und TK3, welche in axialer Flucht zueinander übereinander angeordnet und von einem Hochleistungsmagneten MM mit Magnetspule S umgeben sind. Bei diesem fünften Ausführungsbeispiel wird der partikel beladene, aufzubereitende Fluid-Teilstrom A1 dem ersten Kanister TK1 als Mischung aus dem frischen Fluidstrom A und einem vom Ausgang der Kaskade rückgeförderten Fluidstrom M2 + NM3 zugeleitet. Die gesammelten zweiten Zweigströme NM1 aus diesem ersten Kanister TK1 werden über die Leitung nm12 von der Pumpe P12 als Einspeise-Fluidstrom A2 dem nachgeschalteten zweiten Kanister TK2 zugeführt. Die gesammelten ersten Zweigströme M1 aus dem ersten Kanister TK1 werden dagegen dem dritten Kanister TK3 über Leitung m13 durch die Pumpe P13 als Einspeise-Fluidstrom A3 zugeleitet. Die gesammelten zweiten Zweigströme NM2 aus dem zweiten Kanister TK2 und die gesammelten ersten Teilströme M3 aus dem dritten Kanister TK3 werden über die Leitungen nm2 bzw. m2 als Abfallstrom NM bzw. als Nutzstrom M ihrer Verwertung zugeführt. Die gesammelten ersten Zweigströme M2 aus dem zweiten Kanister TK2 und die gesammelten zweiten Zweigströme NM3 aus dem dritten Kanister TK3 werden über die beiden Leitungen m2 bzw. nm3 zusammengeführt und in die Rückführleitung nmm31 eingespeist, und dieser Rückspesestrom wird durch die Pumpe P31 als Mischstrom M2 + NM3 in die Leitung 11 eingespeist und dem Roh-Einspeisestrom A zugemischt.

Zurückkommend auf die beiden Ausführungsbeispiele nach den Figuren 1 bis 3, in denen der Kern der Erfindung dargestellt ist, wird deutlich, daß durch die Erfindung ein Verfahren verwirklicht wird, nach welchem der partikelbeladene Fluidstrom A der Trennregion jeweils über vom Außenumfang der Trennregion her versorgte Einspeisezonen A0 und durch über den Querschnitt der Trennregion in Form wenigstens eines Zufuhr-Lochfeldes ZL verteilte Einspeiseöffnungen 4 von Strömungsleitkörpern als Vielzahl von Partikelströmen  $d + p$  zugeleitet wird. Die Partialströme  $d + p$  werden sodann innerhalb der Trennregion über wenigstens ein Trenn-Lochfeld TL von über den Querschnitt der Trennregion verteilten Polkörper-Mündungen 1 bzw. 1' und zu-

gehörigen Wandteilen 2 bzw. 3' ferromagnetischer Polkörper PK bzw. PK' als Strömungsleit-Matrix geleitet. Diese Polkörper werden in Richtung ihrer Mündungsachsen 1.0 vom Hauptmagnetfluß H durchsetzt, und sie teilen mit ihren zu den jeweils benachbarten Einspeiseöffnungen 4 korrespondierenden Polkörper-Mündungen 1 bzw. 1' die wenigstens zwei Gruppen von Partikeln enthaltenden Partialströme jeweils in die wenigstens zwei Zweigströme auf:

-einen ersten Zweigstrom p (FIG 1) bzw. d (FIG 2), auf welchen von dem Gradientenfeld der Polkörper PK (FIG 1) bzw. PK' (FIG 2) attraktive Kräfte in Richtung auf die Polkörper-Mündungen 1 bzw. 1' ausgeübt werden,

-und in einen zweiten Zweigstrom d (FIG 1) bzw. p (FIG 2), auf welchen von dem Gradientenfeld H1 der Polkörper PK (FIG 1) bzw. von dem Gradientenfeld H2 der Polkörper PK' (FIG 2) repulsive Kräfte in einer Richtung weg von der jeweiligen Polkörper-Mündung 1 bzw. 1' ausgeübt werden.

Die durch die Polkörper-Mündungen 1 bzw. 1' hindurchströmenden, an der ersten Gruppe von Partikeln angereicherten ersten Zweigströme p (FIG 1) bzw. d (FIG 2) werden ersten, mit den Polkörper-Mündungen 1 bzw. 1' auslaßseitig kommunizierenden Sammelkammern SK1 zugeleitet. Die von den Polkörper-Mündungen 1 bzw. 1' abgelenkten, an der zweiten Gruppe von Partikeln angereicherten zweiten Zweigströme d (FIG 1) bzw. p (FIG 2) werden jeweils zweiten Sammelkammern SK2 zugeleitet, welche jeweils das Strömungsvolumen in der Trennregion zwischen dem Zufuhr-Lochfeld ZL und dem Trenn-Lochfeld TL ohne die in die Polkörper-Mündungen 1 bzw. 1' eintretenden ersten Zweigströme p (FIG 1) bzw. d (FIG 2) umfassen. Schließlich werden die in den ersten und zweiten Sammelkammern SK1, SK2 zusammengeführten ersten und zweiten Zweigströme M bzw. NM der wenigstens einen ersten bzw. der wenigstens einen zweiten Sammelleitung  $v_4$  bzw.  $v_5$ ,  $v_6$  zugeführt.

Das Verfahren nach der Erfindung sowie die Einrichtung zu seiner Durchführung eignen sich unter anderem zur Kaolin-Reinigung, Erzaufbereitung, Aufkonzentrierung von Gold, Uran und Kobalt aus Abraumphalden, Pyrit-Abscheidung aus Kohle (auch Siderit und Calcit), zur Kohlereinigung bei der Verflüssigung, zur Rückgewinnung von Katalysatormaterial bei Hydrieranlagen, zur Rückgewinnung von Stahlpartikeln aus Abwasser und Prozeßstäuben in Stahlwerken, um nur einige Anwendungen zu nennen.

Die Herstellung der Lochbleche 3, 5, 3', 5' für die Trenn-Lochfelder TL und Zufuhr-Lochfelder ZL ist mit sehr guter Präzision möglich durch Materialbearbeitung mittels Laserstrahlen.

## Ansprüche

1. Verfahren zur kontinuierlichen Separation magnetisierbarer para-und/oder diamagnetischer Partikel aus einem mit den Partikeln beladenen Fluidstrom (A), der durch eine von einem Hochgradienten-Magnetfeld (H) durchsetzte Trennregion längs eines Strömungshauptpfades (z) geleitet wird,

wobei das Hochgradienten-Magnetfeld (H) durch eine Vielzahl ferromagnetischer Polkörper (2) erzeugt wird, welche innerhalb der Trennregion in einer Strömungsleit-Matrix angeordnet und vom Magnetfluß eines äußeren Hochleistungsmagneten durchsetzt werden, sowie dabei den Hauptmagnetfluß des äußeren Hochleistungsmagneten in eine ihrer Anzahl und Anordnung entsprechende Vielzahl von Partialflüssen mit inhomogener Feldverteilung umformen,

und wobei der Fluidstrom (A) wenigstens zwei Gruppen von Partikeln enthält, deren jeweilige magnetische Suszeptibilitäten  $x_1$  bzw.  $x_2$ , bezogen auf diejenige  $x_F$  des Fluids, voneinander derart unterschiedlich sind, daß aufgrund unterschiedlich großer magnetischer Dipolmomente der Partikel im Fluidstrom der Trennregion die eine Gruppe von Partikeln jeweils in einem ersten Zweigstrom (p bzw. d) in Richtung steigender Feldgradienten und die andere Gruppe jeweils in einem zweiten Zweigstrom (d bzw. p) in Richtung fallender Feldgradienten abgelenkt wird oder zumindest die eine Gruppe als erster Zweigstrom (p) stärker als die andere Gruppe als zweiter Zweigstrom (d) in Richtung steigender bzw. fallender Feldgradienten abgelenkt wird,

und wobei ferner die beiden wenigstens zwei Zweigströme (p, d) voneinander getrennt und der an der erste Gruppe von Partikeln angereicherte erste Zweigstrom (p) einer ersten Sammelleitung (60) sowie der an der zweiten Gruppe von Partikeln angereicherte zweite Zweigstrom einer zweiten Sammelleitung (70) zugeführt wird,

**dadurch gekennzeichnet,**

-daß der partikelbeladene Fluidstrom (A) der Trennregion jeweils über vom Außenumfang der Trennregion her versorgte Einspeisezonen (AO) und durch über den Querschnitt der Trennregion in Form wenigstens eines Zufuhr-Lochfeldes (ZL) verteilte Einspeiseöffnungen (4) von Strömungsleitkörper als Vielzahl von Partialströmen (d + p) zugeleitet wird,

-daß die Partialströme (d + p) sodann innerhalb der Trennregion über wenigstens ein Trenn-Lochfeld (TL) über den Querschnitt der Trennregion verteilten Polkörper-Mündungen (1; 1') und zu-

gehörigen Wandteilen (2) ferromagnetischer Polkörper (PK; PK') als Strömungsleit-Matrix geleitet werden, welche in Richtung ihrer Mündungsachsen (1.0) vom Hauptmagnetfluß (H) durchsetzt werden und welche mit ihren zu den jeweils benachbarten Einspeiseöffnungen (4) korrespondierenden Polkörper-Mündungen (1; 1') die wenigstens zwei Gruppen von Partikeln enthaltenden Partialströme jeweils in die wenigstens zwei Zweigströme aufteilen:

--einen ersten Zweigstrom (p bzw. d), auf welchen von dem Gradientenfeld der Polkörper (PK) attraktive Kräfte in Richtung auf die Polkörper-Mündungen (1; 1') ausgeübt werden,

--und in einen zweiten Zweigstrom (d bzw. p), auf welchen von dem Gradientenfeld der Polkörper (PK) repulsive Kräfte in eine Richtung weg von der jeweiligen Polkörper-Mündung (1; 1') ausgeübt werden und

-daß die durch die Polkörper-Mündungen (1; 1') hindurchströmenden, an der ersten Gruppe von Partikeln angereicherten ersten Zweigströme (p bzw. d) ersten, mit den Polkörper-Mündungen (1; 1') auslaßseitig kommunizierenden Sammelkammern (SK1) zugeleitet werden

-und daß die von den Polkörper-Mündungen (1; 1') abgelenkten, an der zweiten Gruppe von Partikeln angereicherten zweiten Zweigströme (d bzw. p) jeweils zweiten Sammelkammern (SK2) zugeleitet werden, welche jeweils das Strömungsvolumen in der Trennregion zwischen dem Zufuhr-Lochfeld (ZL) und dem Trenn-Lochfeld (TL) ohne die in die Polkörper-Mündungen (1; 1') eintretenden ersten Zweigströme (p bzw. d) umfassen,

-und daß schließlich die in den ersten und zweiten Sammelkammern (SK1, SK2) jeweils zusammengeführten ersten und zweiten Zweigströme (M bzw. NM) der wenigstens einen ersten bzw. der wenigstens einen zweiten Sammelleitung ( $v_4$  bzw.  $v_5$ ,  $v_6$ ) zugeführt werden.

2. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1,

mit wenigstens einem Separator-Behälter, (TR, TK), der längs eines Strömungshauptpfades (z) von dem mit Partikeln wenigstens einer ersten und einer zweiten Gruppe beladenen Fluidstrom Ptd) kontinuierlich durchströmbar ist, an einem Ende des Strömungspfades mindestens einen Anschluß - (11) zur Einspeisung des Fluidstromes und am anderen Ende des Strömungspfades einen auf wenigstens zwei Sammelleitungen ( $v_4$  bzw.  $v_5$ ,  $v_6$ ; 60 bzw. 70) unterteilten Fluidstrom-Ausgang aufweist, wobei die eine Sammelleitung ( $v_4$ ; 60) die an einer Partikelgruppe angereicherte Fluidstrom-Fraktion (M) und die andere Sammelleitung ( $v_5$ ,  $v_6$ ; 70) die an der anderen Partikelgruppe angereicherte Fluidstrom-Fraktion (NM) transportiert, mit wenigstens einer Trennregion im Inneren des Behälters

(TR; TK); mit einer innerhalb der Trennregion in einer Strömungsleit-Matrix (PK/3; Pk'/3') angeordneten Vielzahl ferromagnetischer Polkörper (PK; PK') zur Erzeugung eines Hochgradienten-Magnetfeldes (H) und mit einer mit den Polkörpern (PK; PK') zur Strömungsleit-Matrix gehörenden Anordnung von Strömungsleitwänden (3; 3') zur Aufteilung der an den Gradientenfeldern der Polkörper (PK; PK') verschieden stark abgelenkten wenigstens zwei Zweigströme (p bzw. d) auf die zugehörigen Sammelleitungen, ferner mit einem am Außenumfang des Separator-Behälters (TR, TK) angeordneten Hochleistungsmagneten (MN), dessen Hauptmagnetfluß die Trennregion und die darin befindlichen Polkörper (PK; PK') unter Erzeugung inhomogener Partialflüsse an den einzelnen Polkörpern durchsetzt, wobei die erste Partikelgruppe (p bzw. d) eine erste magnetische Suszeptibilität  $x_1$  und die zweite Partikelgruppe (d bzw. p) eine zweite magnetische Suszeptibilität  $x_2$  aufweist, welche Suszeptibilitäten  $x_1$ ,  $x_2$ , bezogen auf die magnetische Suszeptibilität  $x_F$  des Fluids derart unterschiedlich sind, daß von den Gradientenfeldern (H) der Polkörper (PK; PK') auf die beiden Gruppen der Partikel unterschiedlich starke magnetische Ablenkkräfte aufgrund unterschiedlicher magnetischer Dipolmomente ausgeübt werden, **dadurch gekennzeichnet,**

-daß die Strömungsleit-Matrix (PK/3; PK'/3') durch wenigstens ein Trenn-Lochfeld (TL) über den Querschnitt der Trennregion verteilter Polkörper-Mündungen (1; 1') und zugehöriger ferromagnetischer Polkörper-Wandteile (2; 3') eines Strömungsleitkörpers gebildet ist,

-daß der Hauptmagnetfluß in Achsrichtung (1.0) der Polkörper-Mündungen (1; 1') orientiert ist,

-daß stromaufwärts und im Abstand ( $a_3$ ) zur Strömungsleit-Matrix wenigstens ein Zufuhr-Lochblech (ZL) eines weiteren Strömungsleitkörpers angeordnet ist, dessen Einspeiseöffnungen (4) mit den Polkörper-Mündungen (1; 1') korrespondieren, und welcher den ihm vom Außenumfang der Trennregion her über Einspeisezonen zuströmenden Fluidstrom (A) in den Polkörper-Mündungen (1; 1') zuströmende Partialströme (p + d) aufteilt,

-daß mit den Polkörper-Mündungen (1; 1') auslaßseitig wenigstens eine erste Sammelkammer (SK1) kommuniziert,

-daß das Strömungsvolumen zwischen dem Zufuhr-Lochblech (ZL) des diamagnetischen Strömungsleitkörpers und dem Trenn-Lochfeld (TL) der Polkörper-Wandteile (3; 3') als zweite Sammelkammer (SK2) dient,

-und daß die erste Sammelkammer (SK1) an die eine und die zweite Sammelkammer (SK2) an die andere der wenigstens zwei Sammelleitungen ( $v_4/60$  bzw.  $v_5$ ,  $v_6$ , 70) angeschlossen ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet** daß die Polkörper-Mündungen (1') und -wandteile (3') eines Trenn-Lochfeldes (TL) jeweils von einer lochblechartigen Feinstruktur gebildet sind und die Feldlinienverdünnung im Lochbereich lokale Gradientenfelder (H2) ergibt, welche auf in Richtung der Lochachse (1.0) zuströmende paramagnetische Partikel repulsive und auf entsprechend zuströmende diamagnetische Partikel attraktive Kräfte ausüben, so daß der durch die Polkörper-Mündungen (1') strömende Kern-Zweigstrom (d) an diamagnetischen Partikeln angereichert, dagegen der vor den Polkörper-Mündungen (1') vorbeiströmende Zweigstrom (p) an diamagnetischen Partikeln verarmt bzw. an paramagnetischen Partikeln angereichert ist.

4. Einrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lochbegrenzungskanten (1.1') auf der Zu- und auf der Abströmseite abgerundet sind.

5. Einrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Polkörper-Mündungen (1) und -wandteile (3) eines Trenn-Lochfeldes (TL) von einer lochblechartigen Feinstruktur mit hohlkegelförmigen, vorspringenden Düsen (PK) im Lochbereich gebildet sind und die Feldlinienverdichtung im Bereich der Düsen-Mündungen lokale Gradientenfelder (H1) ergibt, welche auf in Richtung der Düsenachse (1.0) zuströmende paramagnetische Partikel attraktive und auf entsprechend zuströmende diamagnetische Partikel repulsive Kräfte ausüben, so daß der durch die Düsen (PK) eintretende Kern-Zweigstrom (p) an paramagnetischen Partikeln angereichert, dagegen der vor den Düsen vorbeiströmende andere bzw. zweite Zweigstrom (d) an paramagnetischen Partikeln verarmt und an diamagnetischen Partikeln angereichert ist.

6. Einrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Begrenzungskanten (1.1) der Düsenmündungen (1) abgerundet sind.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einspeiseöffnungen (4) des Zufuhr-Lochbleches (ZL) zu den Polkörper-Mündungen (1; 1') des Trenn-Lochfeldes (TL) gleichachsig angeordnet sind.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine lochblechartige Feinstruktur für die Polkörper-Mündungen (1; 1') und -wandteile (3; 3') der Strömungsleit-Matrix (PK/3; PK') jeweils paarweise mit zueinander planparallel beabstandeter und kongruenter Anordnung der beiden gepaarten Lochbleche (3 - 3 bzw. 3' - 3') vorgesehen ist und daß der Zwischenraum zwischen den gepaarten Lochblechen als Sammelkammer (SK1) der ersten Zweigströme (p bzw. d) dient und der außerhalb der Lochbleche liegende,

an die Zufuhr-Loch-felder (ZL) angrenzende Raum als zweite Sammelkammer (SK2) für die zweiten Zweigströme (d bzw. p) dient.

9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß auch der Strömungsleitkörper für das Zufuhr-Lochfeld (ZL) als lochblechartige Feinstruktur ist.

10. Einrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine lochblechartige Feinstruktur für das Zufuhr-Lochfeld (ZL) jeweils paarweise mit zueinander planparallel beabstandeter und kongruenter Anordnung der beiden gepaarten Lochbleche (5-5 bzw. 5' -5') vorgesehen ist und daß der Zwischenraum zwischen den gepaarten Lochblechen als Einspeisezone (AO) dient.

11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Mehrzahl gleichartiger Trenn-Module (Mo 1), jeder bestehend aus einem Lochblech-Paar (3 - 3 bzw. 3' -3') für die Strömungsleit-Matrix (PK/3 bzw. PK'/3') und je einem beidseits dieses Lochblechpaares angeordneten (5 bzw. 5') Lochblech für die Zufuhr-Lochfelder (ZL), derart mit Abständen (a1) übereinander gestapelt sind, daß durch die einander benachbarten Lochbleche der Zufuhr-Lochfelder (ZL) der aufeinanderfolgenden Module die Einspeisezonen (AO) gebildet sind.

12. Einrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Mehrzahl gleichartiger Trenn-Module (Mo 2), jeder bestehend aus einem Lochblech-Paar (5 - 5 bzw. 5' -5') für die Einspeisezonen (AO) und je einem beidseits dieses Lochblech-Paares angeordneten Lochblech für die Trenn-Lochfelder, derart mit Abständen (a2) übereinander gestapelt sind, daß durch die einander benachbarten Lochbleche (3 bzw. 3') der Trenn-Lochfelder (TL) der aufeinanderfolgenden Module die ersten Sammelkammern (SK1) gebildet sind.

13. Einrichtung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Außenumfang der gestapelten Trenn-Module von einer Rohrwand (7) unter Bildung eines Trennrohres (TR) umgeben ist.

14. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lochfelder bzw. Lochbleche (ZL, TL) einen kreisförmigen Grundriß aufweisen.

15. Einrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Mantel (7) des Trennrohres (TR) entsprechend der Anzahl und Anordnung der in ihm enthaltenen Module (Mo 1 bzw. Mo 2) segmentweise mit auf Umfangslinien liegenden Schlitzen (8) versehen ist:

Ersten Schlitzen (8.1) zur Zufuhr des Fluidstromes zu den Einspeisezonen (AO) der Module von einer

Einspeiseleitung,

zweiten Schlitzen (8,2) zur Abfuhr der in den ersten Sammelkammern (SK1) der Module gesammelten ersten Zweigströme (M bzw. NM) zur ersten Sammelleitung und

dritten Schlitzen (8.3) zur Abfuhr der in den zweiten Sammelkammern (SK 2) der Module gesammelten zweiten Zweigströme (NM bzw. M) zu einer zweiten Sammelleitung.

16. Einrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß in hexagonaler Anordnung die ersten bis dritten Schlitze (8.1, 8.2, 8.3) jeweils in mehreren Schlitzgruppen über den Umfang des Trennröhres (TR) verteilt sind, wobei die Schlitze jeder Schlitzgruppe übereinanderliegen und etwa 1/6 des Trennröhr-Umfanges überstreichen.

17. Einrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß entsprechend den zu-bzw. abströmenden Fluidstrom-Mengen den ersten Schlitzen (8.1) drei über den Umfang des Trennröhres verteilte Sektor-Bogenstücke zugeordnet sind und daß von den verbleibenden Sektor-Bogenstücken den zweiten Schlitzen (8.2) ein Sektor-Bogenstück und den dritten Schlitzen (8.3) zwei Sektor-Bogenstücke zugeordnet sind.

18. Einrichtung nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß am Außenumfang des Trennröhres (TR) in radial-axial verlaufenden Ebenen liegende Schottwände (9) dichtend befestigt sind, welche entsprechend der hexagonalen Schlitz-Anordnung ein Ringraumvolumen am Außenumfang des Trennröhres in sechs verschiedene Leitungsvolumina ( $v_1$ ,  $-v_6$ ) unterteilen, von denen drei Leitungsvolumina ( $v_1$ ,  $-v_3$ ) mit den ersten Schlitzen (8.1) kommunizieren und Einspeiseleitungen bilden,

ein Leitungsvolumen ( $v_4$ ) mit den zweiten Schlitzen (8.2) kommuniziert und eine erste Sammelleitung bildet und zwei weitere Leitungsvolumina ( $v_5$ ,  $v_6$ ) mit den dritten Schlitzen (8.3) kommunizieren und zweite Sammelleitungen bilden.

19. Einrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Vielzahl von Trennröhren (TR) in achsparalleler Anordnung zu einem Trennröhrfeld vereinigt ist und zusammen mit einem das Trennröhrfeld umgebenden Behälter (100), welcher deckseitig wenigstens eine gemeinsame Haupt-Einspeiseleitung (11) und bodenseitig erste sowie zweite Haupt-Sammelleitungen (60, 70) aufweist, zu einem Trenn-Kanister (TK) zusammengefaßt ist, welcher von einem Hochleistungs-Solenoid (MM) zur Erzeugung des Hochgradienten-Magnetfeldes (H) umgeben ist, wobei die zwischen den in einem hexagonalen Raster angeordneten Trennröhren (TR) freibleibenden Zwickel-Gassen durch die Schottwände (9) in

Einspeise-oder Sammelleitungen (20) unterteilt werden und wobei der beladene Fluidstrom (A) über die deckseitige Haupt-Einspeiseleitung (11) einer Vorkammer (12) des Kanisters und von dieser über ein entsprechend gelochtes Strömungseinleitblech (10) allen Einspeiseleitungen ( $v_1$ ,  $-v_3$ ) parallel zugeführt wird, wogegen bodenseitig des Kanisters zwei weitere, axial benachbarte Nachschaltkammern (13, 14) vorgesehen sind, welche über gelochte Strömungsausleitbleche (30, 31) mit den ersten bzw. zweiten Sammelleitungen ( $v_4$  bzw.  $v_5$ ,  $v_6$ ) kommunizieren und in die erste bzw. zweite Haupt-Sammelleitung (60 bzw. 70) münden.

20. Einrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehrere Trennkanister (TK) zu einer Separator-Kaskade zusammengeschaltet sind,

wobei die gesammelten zweiten Zweigströme (NM 1) aus einem ersten Kanister (TK 1) als Einspeise-Fluidstrom (A2) einem zweiten Kanister (TK 2) zuführbar sind, die gesammelten ersten Zweigströme (M1) aus dem ersten Kanister (TK 1) einem dritten Kanister (TK 3) als Einspeise-Fluidstrom (A3) zuleitbar sind, die gesammelten zweiten Zweigströme (NM 2) aus dem zweiten Kanister und die gesammelten ersten Teilströme (M3) aus dem dritten Kanister als Abfallstrom bzw. als Nutzstrom verwertbar sind und wobei schließlich die gesammelten ersten Zweigströme (M2) aus dem zweiten Kanister (TK 2) und die gesammelten zweiten Zweigströme (NM 3) aus dem dritten Kanister (TK 3) zusammengeführt und als Einspeise-Fluidstrom (A1) der Haupt-Einspeiseleitung des ersten Kanisters (TK 1) wieder zugeführt werden.

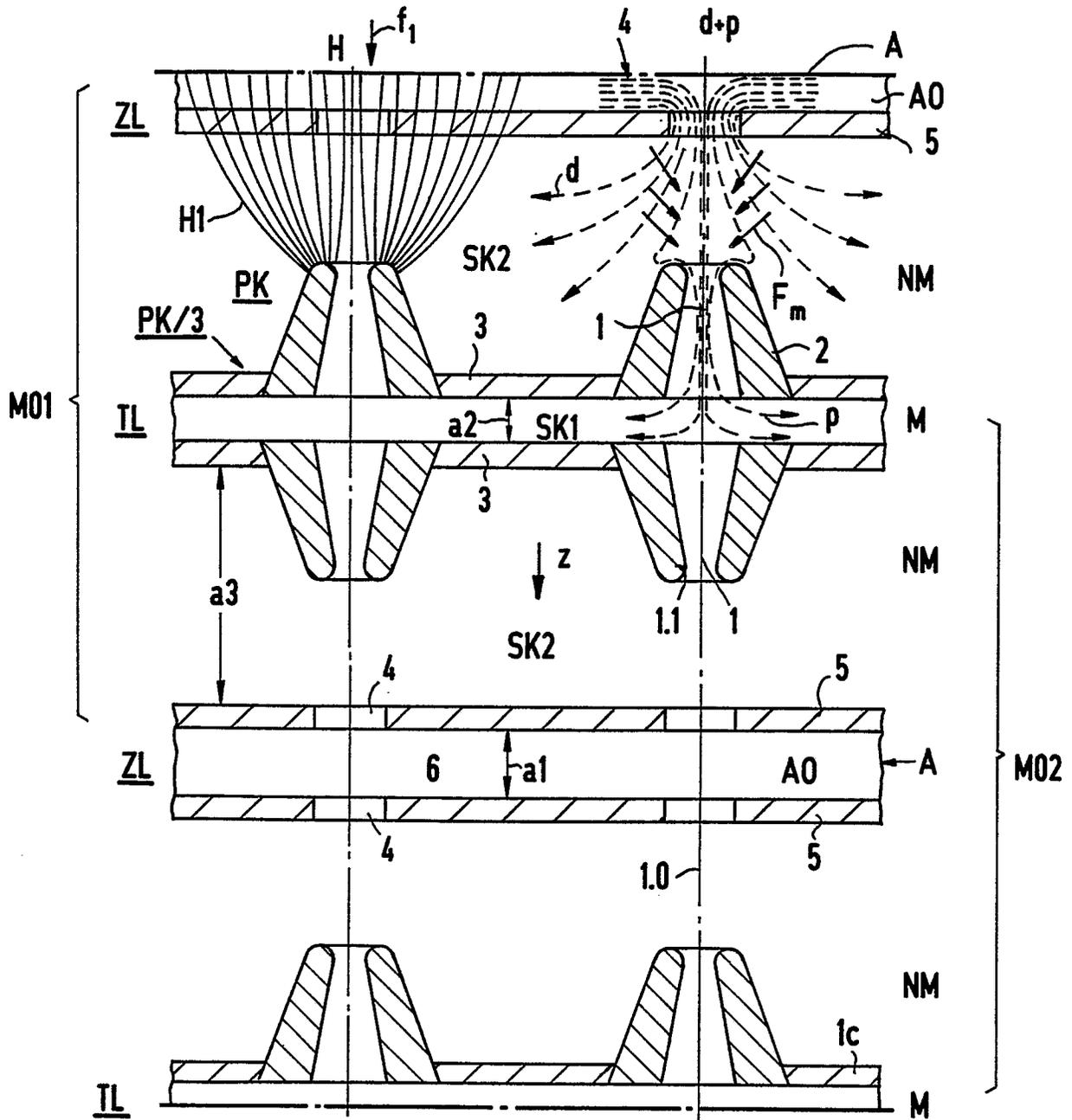


FIG 1

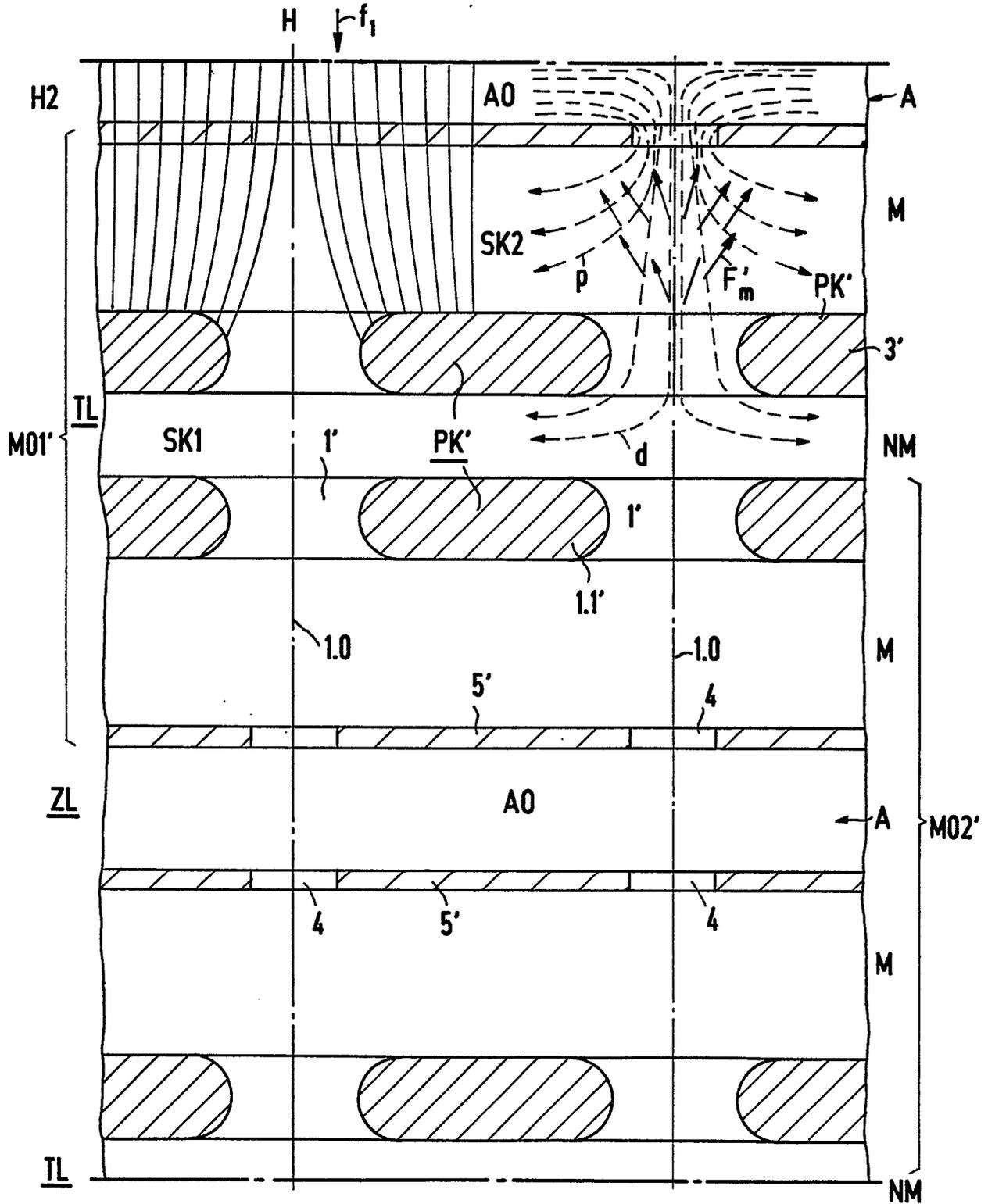


FIG 2

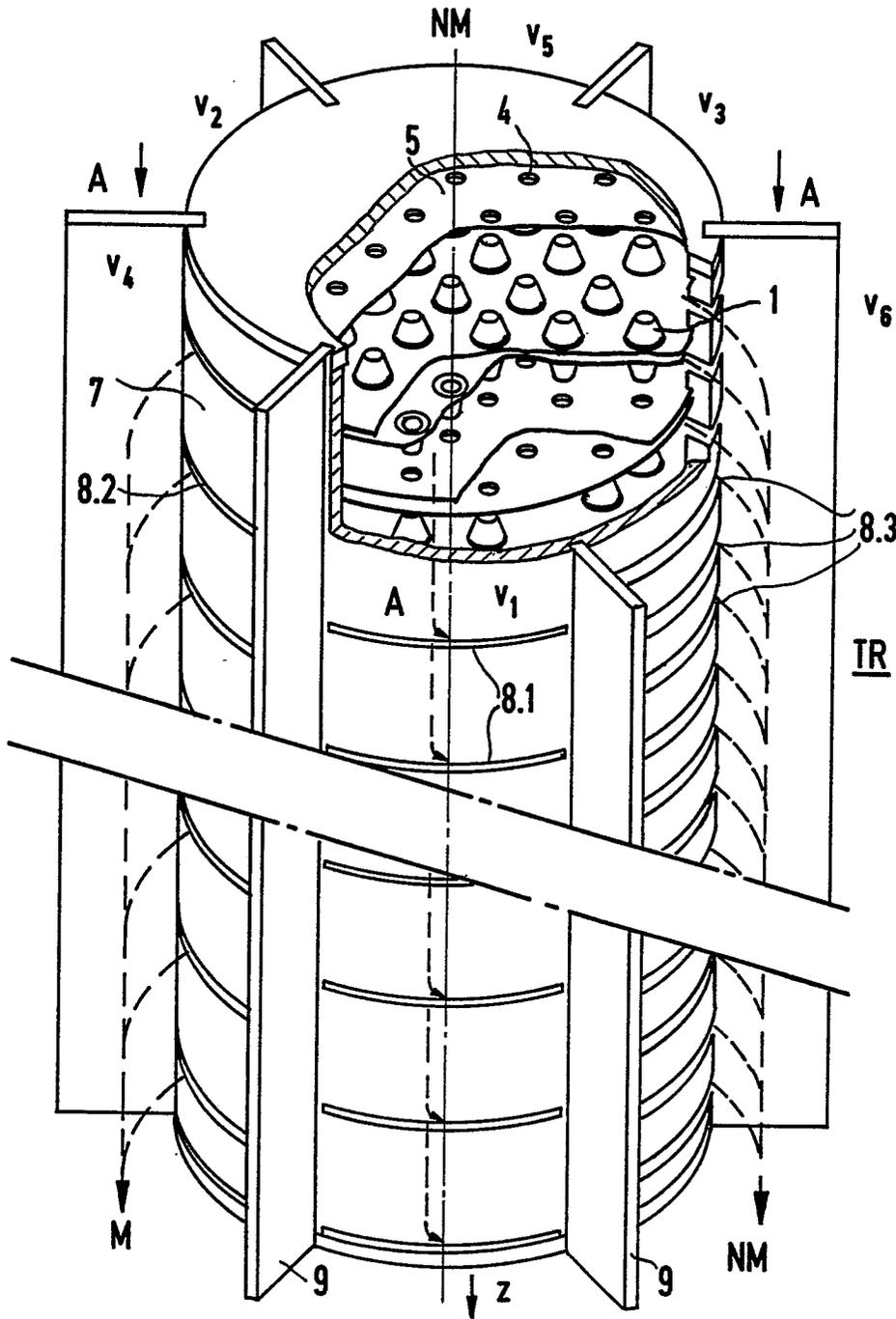
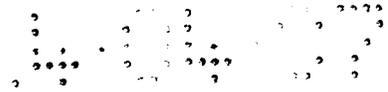


FIG 3

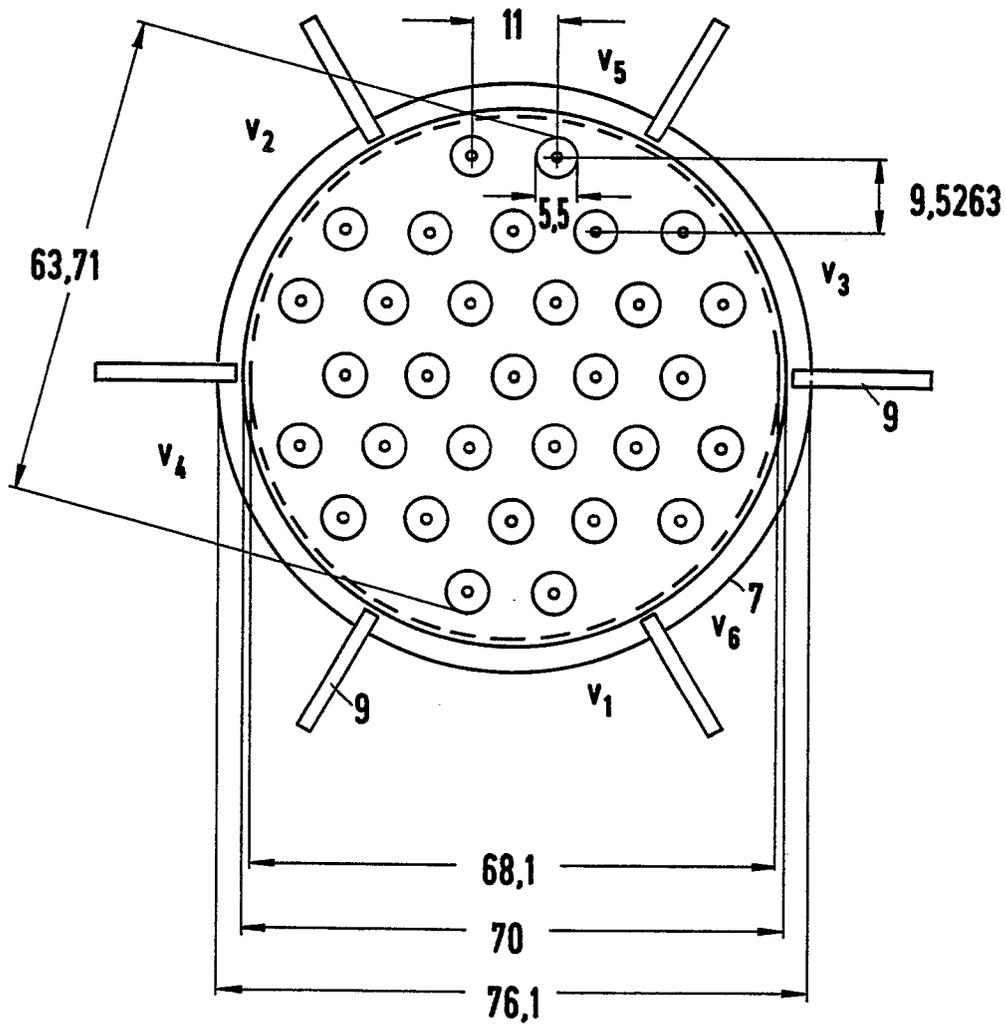


FIG 4

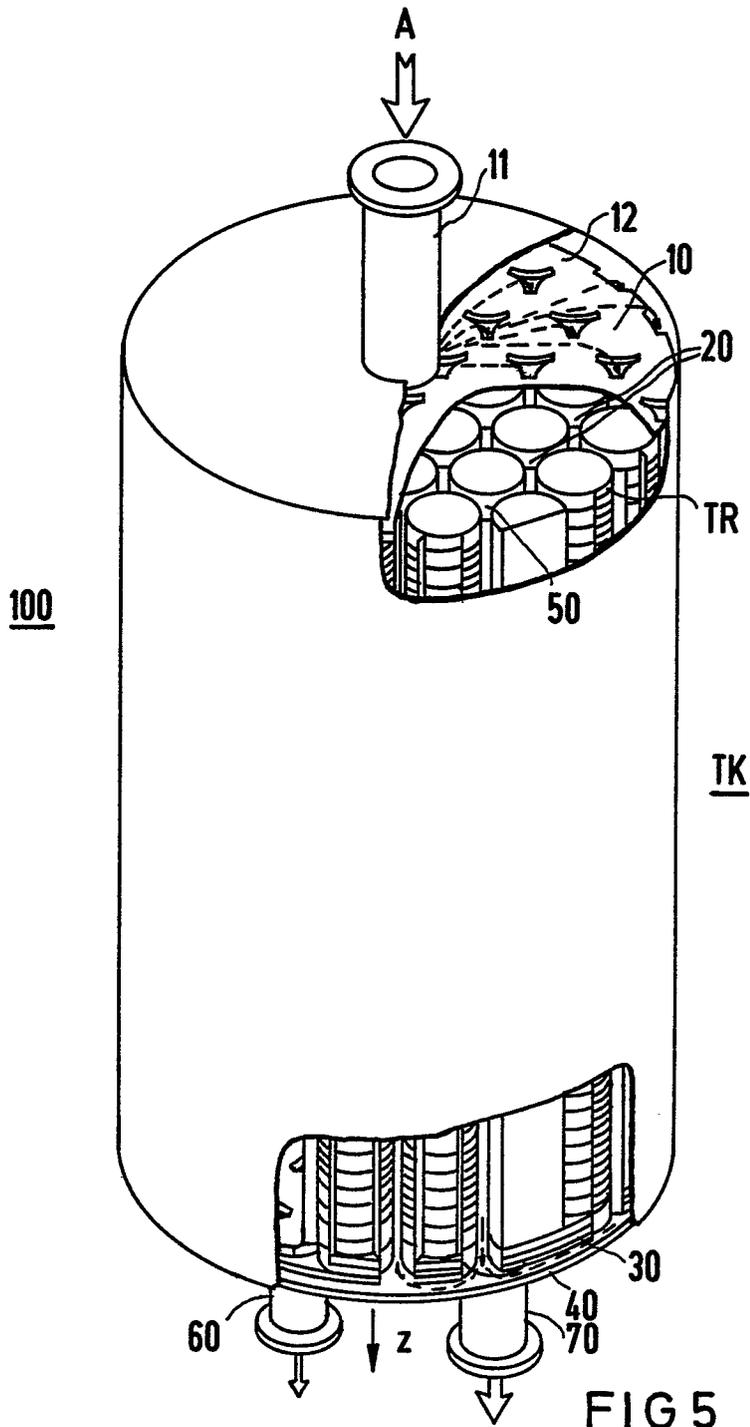
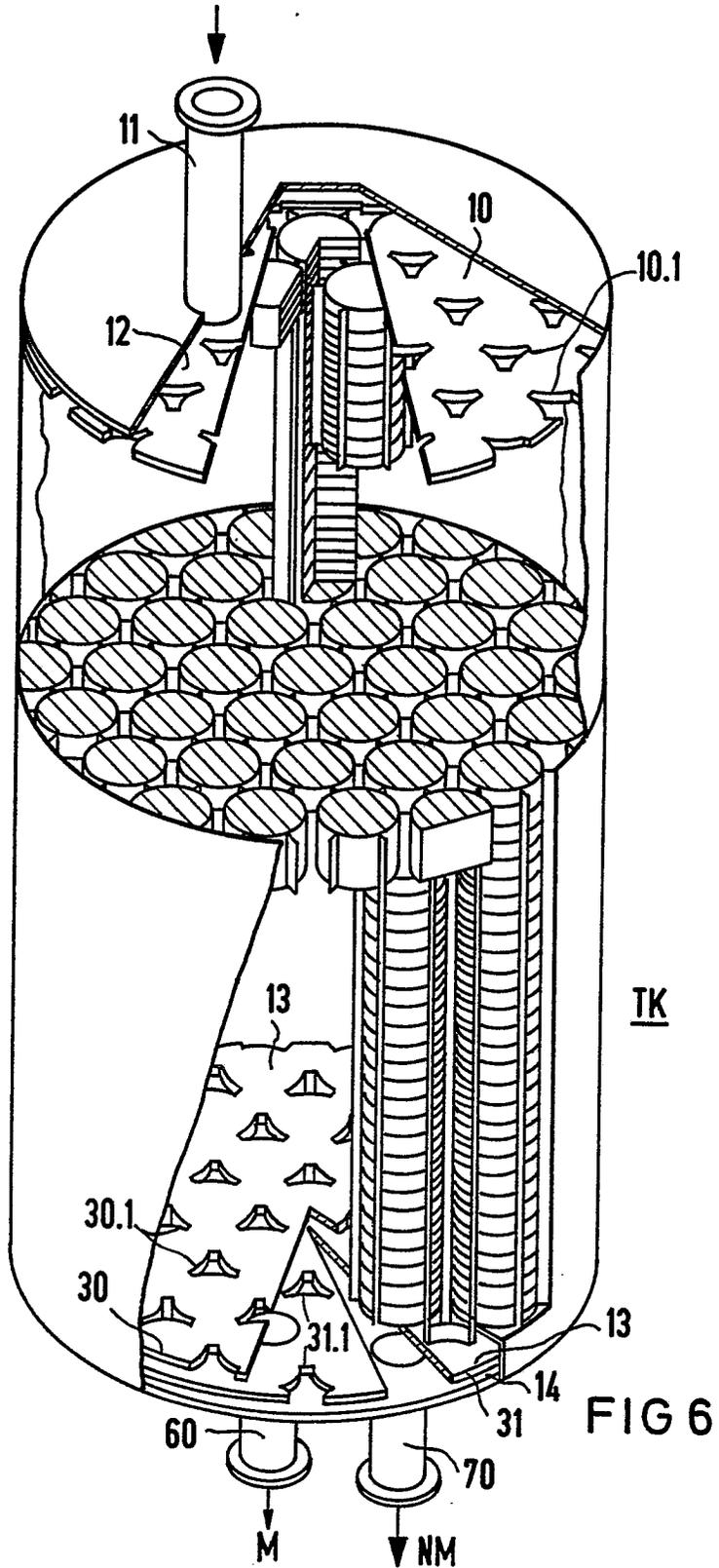


FIG 5



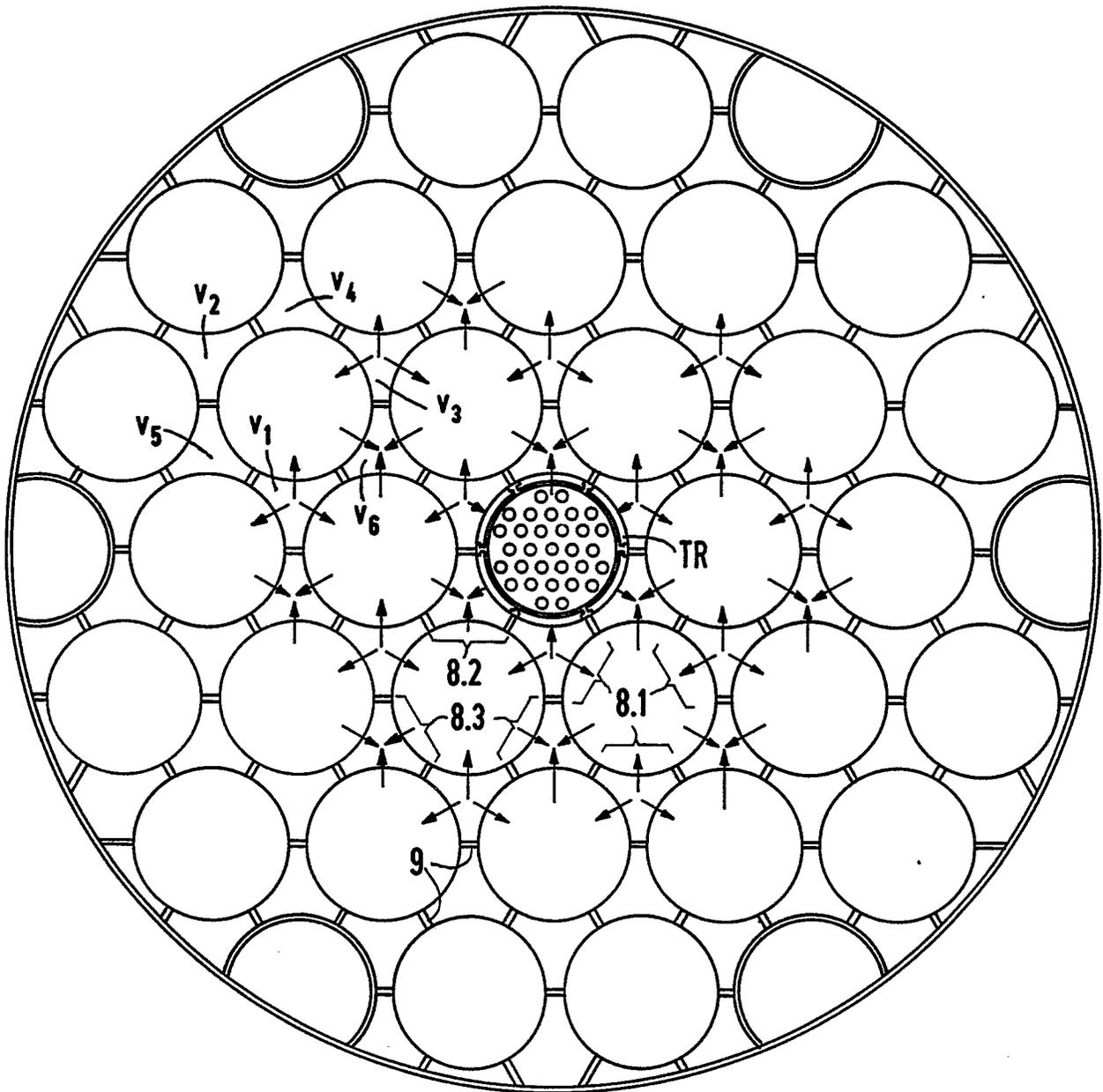


FIG 7

86 P 6033 E

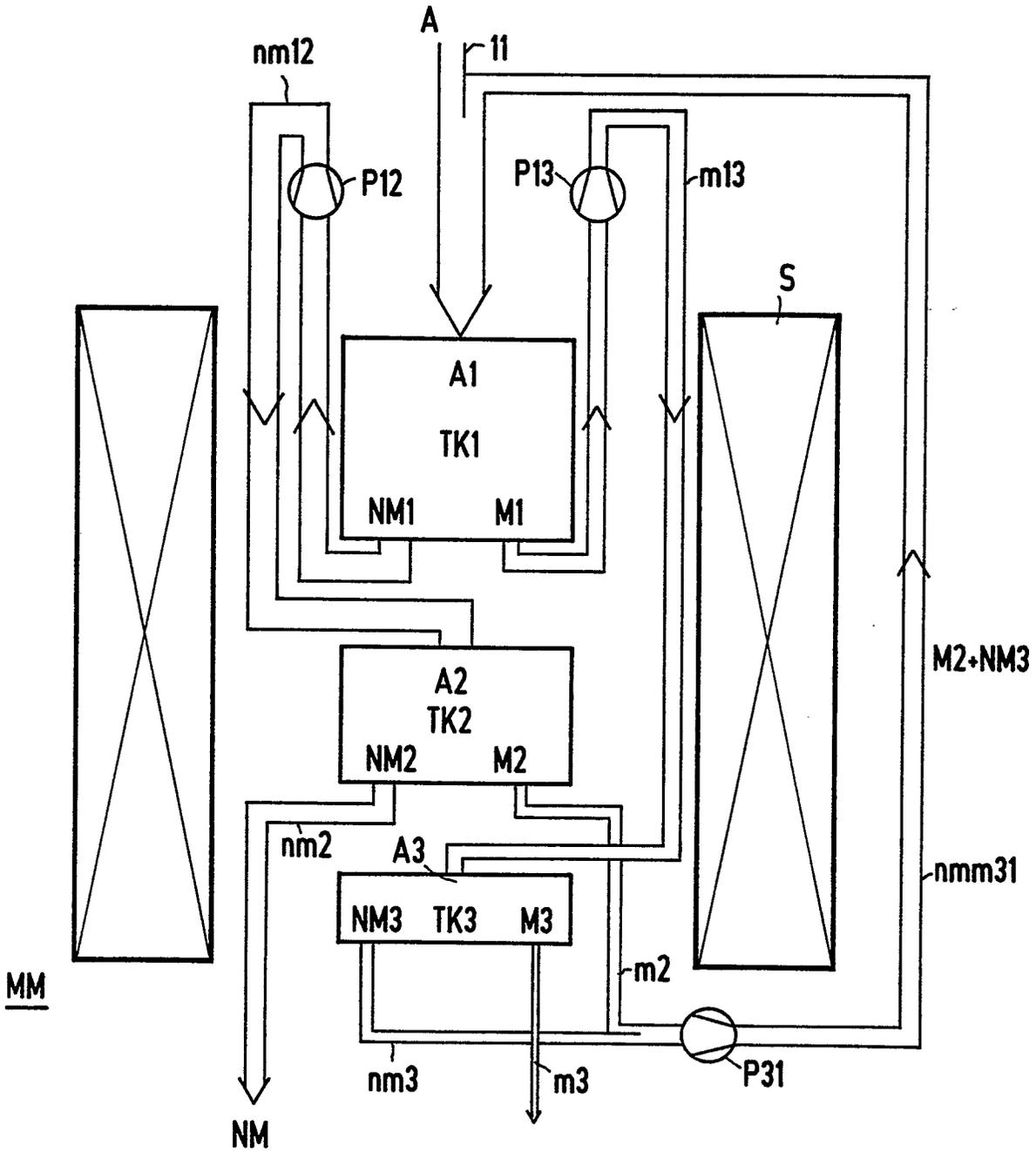


FIG 8