



(11) **EP 3 349 909 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
06.05.2020 Patentblatt 2020/19

(51) Int Cl.:
B03C 1/033 ^(2006.01) **B03C 1/034** ^(2006.01)
B03C 1/28 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16766940.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/071804

(22) Anmeldetag: **15.09.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/046234 (23.03.2017 Gazette 2017/12)

(54) **MAGNETISCHE TRENNVORRICHTUNG MIT MAGNETISCHER AKTIVIERUNG UND DEAKTIVIERUNG**

MAGNETIC SEPARATING DEVICE WITH MAGNETIC ACTIVATION AND DEACTIVATION

DISPOSITIF DE SÉPARATION MAGNÉTIQUE À ACTIVATION ET DÉSACTIVATION MAGNÉTIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

- **ROMER, Hanspeter**
8340 Gyrenbad-Hinwil (CH)
- **ARANGIO, Mario**
7000 Chur (CH)

(30) Priorität: **18.09.2015 DE 102015218010**

(74) Vertreter: **Ruttensperger Lachnit Trossin Gomoll Patent- und Rechtsanwälte**
PartG mbB
Postfach 20 16 55
80016 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.07.2018 Patentblatt 2018/30

(60) Teilanmeldung:
18204538.5 / 3 461 560

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-02/40173 US-A- 2 693 979
US-A- 5 647 994 US-A1- 2006 269 385
US-A1- 2008 170 966 US-A1- 2009 189 464
US-B1- 6 409 925

(73) Patentinhaber: **Hamilton Bonaduz AG**
7402 Bonaduz (CH)

(72) Erfinder:
• **GAJEWSKI, Martin**
42799 Leichlingen (DE)

EP 3 349 909 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Magnetische Trennvorrichtung zur Trennung magnetischer Partikel aus einer Suspension gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0002] Derartige Trennvorrichtungen werden beispielsweise in chemischen, biochemischen oder/und pharmazeutischen Laboren verwendet, um in einer Suspension enthaltene magnetische Partikel aus der Suspension zu entfernen.

[0003] Derartige Suspensionen mit magnetischen Partikeln können beispielsweise zur Reinigung von DNA verwendet werden. Die magnetischen Partikel dienen dabei lediglich als Transportmittel und sind üblicherweise derart beschichtet, dass sich an die vom Partikel wegweisende Außenfläche der Beschichtung nur ein bestimmter Bestandteil der Suspension anlagern kann und wird, welcher dann mit dem Partikel zusammen aus der Suspension entfernt werden kann. Die magnetischen Partikel sind somit in der Regel nur zwecks der geplanten Entnahme von chemischem oder biologischem Material aus der Suspensionsflüssigkeit magnetisch.

[0004] Eine magnetische Trennvorrichtung ist beispielsweise bekannt aus der WO 02/40173 A1. Bei dieser bekannten Trennvorrichtung umgibt ein starker und dementsprechend Bauraum fordernder Elektro-Ringmagnet die weichmagnetische Spitze, die die Erstreckungsebene des Elektro-Ringmagneten längs der Ringachse durchsetzt.

[0005] Im Falle der Bestromung des Elektro-Ringmagneten wirkt die ihn durchsetzende weichmagnetische Spitze wie ein Anker bzw. Eisenkern und wird für die Dauer der Bestromung des Elektro-Ringmagneten magnetisiert, sodass das Eintauch-Ende der weichmagnetischen Spitze in die jeweilige Suspension eingeführt und aufgrund ihres dann magnetisierten Zustands die in der Suspension enthaltenen magnetischen Partikel bis zur Anlage an eine Außenfläche der weichmagnetischen Spitze anziehen und diese dann reib- bzw. kraftschlüssig aus der zurückbleibenden Suspensionsflüssigkeit entfernen kann. Die Außenfläche der weichmagnetischen Spitze kann von dem weichmagnetischen Material selbst oder - je nach Anforderungen an den jeweiligen Reinigungsprozess - durch eine das Eintauch-Ende der weichmagnetischen Spitze umgebenden Schutzhülle gebildet sein.

[0006] An ihrem dem Eintauch-Ende entgegengesetzten Längsende ist die aus der WO 02/40173 A1 bekannte magnetische Trennvorrichtung mit einem elektromotorischen Drehantrieb gekoppelt, durch welchen die weichmagnetische Spitze um ihre Längsachse rotierbar ist.

[0007] Durch Rotation der weichmagnetischen Spitze kann ausweislich der WO 02/40173 A1 die Abscheidung der Partikel bei magnetisiertem Eintauch-Ende der weichmagnetischen Spitze unterstützt werden. Die Rotation kann ebenfalls dazu verwendet werden, am Eintauch-Ende der weichmagnetischen Spitze angelagerte

und aus der Suspensionsflüssigkeit zusammen mit der weichmagnetischen Spitze entfernte magnetische Partikel vom Eintauch-Ende wieder zu entfernen.

[0008] Nachteilig an der bekannten magnetischen Trennvorrichtung ist zum einen ihre ausladende, Bauraumfordernde Bauweise, bei welcher die weichmagnetische Spitze und der Elektro-Ringmagnet als die oben genannte Magnetanordnung coaxial und sich axial überlappend angeordnet sind. Eine weitere Vorrichtung, insbesondere eine weitere magnetische Trennvorrichtung kann daher nicht näher an die bekannte Trennvorrichtung angenähert werden als der Radius des die weichmagnetische Spitze umgebenden Elektro-Ringmagneten. Zum anderen kann die Verwendung eines Elektromagneten zur vorübergehenden Magnetisierung der weichmagnetischen Spitze bedenklich sein, insbesondere dann, wenn der Elektromagnet zur Magnetisierung der weichmagnetischen Spitze mit dieser in Richtung ihrer Längsachse axial überlappend anzuordnen ist. Der Elektromagnet ist somit vergleichsweise nahe an der mit der Trennvorrichtung zu bearbeitenden Suspension angeordnet. Da der Elektromagnet sein Magnetfeld nur unter Bestromung bereitstellt, kommt es während des Betriebs der magnetischen Trennvorrichtung zu einer Erwärmung des Elektromagneten und damit zumindest zu dem Risiko einer thermischen Belastung der zu bearbeitenden Suspension, was gerade für thermisch sensible Inhaltsstoffe der Suspension nachteilig sein kann.

[0009] Eine weitere magnetische Trennvorrichtung ist aus der US 4 751 053 A bekannt. Auch diese Trennvorrichtung verwendet einen Elektromagneten, der bezüglich der Längsachse der weichmagnetischen Spitze coaxial und axial überlappend mit der weichmagnetischen Spitze der Trennvorrichtung angeordnet ist. Der Elektro-Ringmagnet der US 4 751 053 A umschließt die dort verwendete weichmagnetische Spitze jedoch radial enger als der aus der WO 02/40173 A1 bekannte Elektro-Ringmagnet, wodurch die Bauweise der aus der US 4 751 053 A bekannten Trennvorrichtung radial weniger ausladend ist als die zuvor diskutierte. Allerdings ist auch hier der Elektro-Ringmagnet, der allein durch Bestromung und Nicht-Bestromung den Magnetisierungszustand der als Anker bzw. Eisenkern wirkenden weichmagnetischen Spitze ändert, vergleichsweise nahe an der zu bearbeitenden Suspension angeordnet, wodurch wiederum das oben beschriebene Risiko der unerwünschten thermischen Belastung der Suspension durch die Trennvorrichtung besteht.

[0010] Eine weitere magnetische Trennvorrichtung ist aus der US 7 776 221 B2 bekannt. Diese Druckschrift offenbart eine Mehrzahl von weichmagnetischen Spitzen, welche von einer einen Luftspalt zwischen den freien Schenkeln eines C-förmigen Magnetjochs begrenzenden Fläche abstehen. Auf der gegenüberliegenden Fläche, die den Luftspalt des Magnetjochs in entgegengesetzte Richtung beschränkt, sind Probenbehälter vorgesehen, in die eine Suspension mit magnetischen Partikeln hineingegeben werden kann. Die weichmag-

netischen Spitzen der aus der US 7 776 221 B2 bekannten Trennvorrichtung sind in ihrer Gesamtheit um ihre Abstandsrichtung zu den Suspensionsbehältern drehbar, jedoch nicht zu den Behältern hin absenkbar.

[0011] In einer Ausnehmung des Magnetjochs sind eine oder mehrere Permanentmagnetanordnungen beweglich aufgenommen, sodass durch Relativbewegung dieser Magnetanordnungen relativ zum Joch der Magnetisierungszustand der mit dem Joch verbundenen weichmagnetischen Spitzen änderbar ist.

[0012] Diese Trennvorrichtung ist äußerst Bauraumfordernd, da die weichmagnetischen Spitzen in Abstandsrichtung zu den Suspensionsbehältern unverlagerbar am Magnetjoch aufgenommen sind und die Spitzen nur durch Verlagerung der Suspensionsbehälter mittels einer zusätzlichen Manipulationsvorrichtung in die zu bearbeitende Suspension eingetaucht werden können.

[0013] Sehr ähnliche magnetische Trennvorrichtungen sind aus der DE 10 2005 004 664 A1 und aus der US 5 567 326 A bekannt. Die so bekannten Trennvorrichtungen weisen eine Platte auf, von welcher mehrere, in der Regel matrixartig angeordnete weichmagnetische Spitzen parallel zueinander in einer Abstehrichtung abstehen. Auf der die weichmagnetischen Spitzen tragenden Platte kann auf der von den abstehenden Spitzen wegweisenden Plattenseite vorübergehend ein Permanentmagnet angeordnet werden, um den Magnetisierungszustand der weichmagnetischen Spitzen in ihrer Gesamtheit zu verändern, also alle weichmagnetischen Spitzen zu magnetisieren, wenn der Permanentmagnet vorhanden ist, und diese zu entmagnetisieren, wenn der Permanentmagnet nicht vorhanden ist.

[0014] Eine weitere magnetische Trennvorrichtung ist aus der US 4 649 116 A bekannt. Bei dieser Vorrichtung sind eine weichmagnetische Spitze und ein unmagnetisches, also nicht magnetisiertes und auch nicht magnetisierbares, Material kollinear in axialer Richtung bezogen auf die Längsachse der weichmagnetischen Spitze hintereinander angeordnet.

[0015] Seitlich an diese Anordnung aus weichmagnetischer Spitze und unmagnetischem Material ist in einer Richtung ein Hufeisenmagnet angesetzt, von welchem ein freies Schenkelende in einer Aktivstellung, in welche die magnetische Trennvorrichtung durch eine Feder vorgespannt ist und in welcher die weichmagnetische Spitze magnetisiert ist, der weichmagnetischen Spitze radial gegenüberliegt - daher deren Magnetisierung - und das weitere freie Schenkelende dem unmagnetischen Material radial gegenüberliegt.

[0016] Gegen die zuvor beschriebene Federvorspannung kann die weichmagnetische Spitze nun zusammen mit dem unmagnetischen Material an den beiden freien Schenkelenden des Hufeisenmagnets vorbei bewegt werden, bis beide Schenkelenden des Hufeisenmagnets dem unmagnetischen Material gegenüber liegen. In diesem Augenblick verliert die weichmagnetische Spitze ihre vorübergehende Magnetisierung und ist unmagne-

tisch oder wenigstens weniger magnetisiert, da möglicherweise ein gewisser Streufluss nicht auszuschließen ist. Diese Trennvorrichtung ist aufgrund des verwendeten Hufeisenmagneten radial ausladend.

[0017] Aus der US 5 647 994 A ist eine magnetische Trennvorrichtung bekannt, bei welcher eine ringförmige Permanentmagnetanordnung eine Pipettierspitze radial außen umgibt und in Längsrichtung der Pipettierspitze verlagerbar ist, um unterschiedliche Zonen der Pipettierspitze mit ihrem Magnetfeld zu beaufschlagen.

[0018] In die Pipettierspitze hinein kann eine weichmagnetische Spitze abgesenkt werden, sodass mit der aus der US 5 647 994 A bekannten magnetischen Trennvorrichtung eine Relativstellung von weichmagnetischer Spitze und parallel dazu verlagerbarer Permanentmagnetanordnung erreichbar ist, in welcher die weichmagnetische Spitze die Permanentmagnetanordnung durchsetzt, sich folglich die weichmagnetische Spitze und die Permanentmagnetanordnung in Längsrichtung der weichmagnetischen Spitze axial überlappen, sodass die weichmagnetische Spitze innerhalb der Pipettierspitze stärker magnetisiert ist als dann, wenn sich die beiden Bauteile: weichmagnetische Spitze und Permanentmagnetanordnung, nicht axial überlappen.

[0019] Eine gattungsgemäße magnetische Trennvorrichtung ist aus der US 2008/0170966 A1 bekannt. Diese offenbart eine weichmagnetische Spitze, der ein Permanentmagnet durch einen nicht näher bezeichneten Antrieb bis zum Magnetschluss-Kontakt angenähert und wieder von der weichmagnetischen Spitze entfernt werden kann. Im Magnetschluss-Kontakt mit dem beweglichen Permanentmagneten ist die weichmagnetische Spitze magnetische Spitze magnetisiert. Ist der Permanentmagnet dagegen von der Spitze abgehoben, ist die weichmagnetische Spitze nicht magnetisiert.

[0020] Aus der US 2006/0269385 A1 ist eine magnetische Trennvorrichtung mit verlagerbaren Magneten, jedoch ohne weichmagnetische Spitze bekannt. Jeder verlagerbare Magnet ist durch eine Zugfeder in eine von der zu bearbeitenden Suspension entfernte Betriebsposition vorgespannt. Durch Bestromung eines Elektromagneten kann ein verlagerbarer Magnet mit dem ihm zugeordneten Elektromagneten zur gemeinsamen Bewegung gekoppelt werden. Bei magnetisch hergestellter Kopplung wird durch entsprechende Bewegung des Elektromagneten der verlagerbare Magnet gegen die Rückstellkraft seiner Feder zur Suspension hin verlagert. Für die Dauer der Annäherung an die Suspension muss der Elektromagnet bestromt bleiben um die magnetische Kopplung aufrecht zu erhalten.

[0021] Aus der US 2693979 A ist eine magnetische Sammelvorrichtung bekannt, die nicht zum Einsatz in Suspensionen bestimmt ist, sondern die das Erlangen von magnetischen und weichmagnetischen Objekten in entlegenen Orten ermöglichen soll. Ein Permanentmagnet ist manuell an eine weichmagnetische Spitze annäherbar und von dieser entfernbar. Der Permanentmagnet kann durch eine Feder in die an die weichmagnetische

Spitze angenäherte Position vorgespannt sein.

[0022] Aus der US 6409925 B1 ist eine magnetische Trennvorrichtung bekannt, die wie die US 2006/0269385 A1 ohne weichmagnetische Spitze arbeitet. Eine Magnetfeldquelle ist in einer Hülle durch Schwerkraft in eine Wirkposition verlagerbar, in welcher die in die zu bearbeitende Suspension eingetauchte Hülle magnetische Partikel aus der Suspension extrahieren kann. Durch Bestromung von Elektromagneten können die Magnetfeldquellen aus ihrer Wirkposition in eine Passivposition angehoben werden, in welcher ein Eintauchen der Hülle in die Suspension keine Trennung bewirkt.

[0023] Aus der US 2009/0189464 A1 ist ein Solenoid-Aktuator mit geradlinig verlagerbarem Aktuatoranker bekannt. Abhängig von der Bestromung der Wicklungen des Solenoids befindet sich der Anker in einer aus der Wicklungsmittelpunkt ausgefahrenen oder in die Wicklungsmittelpunkt eingezogenen Stellung.

[0024] Der vorliegenden Anmeldung liegt die Aufgabe zu Grunde, die gattungsgemäße magnetische Trennvorrichtung derart weiterzubilden, dass sie geringeren Bauraum beansprucht und die zu bearbeitende Suspension möglichst wenig belastet.

[0025] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine gattungsgemäße magnetische Trennvorrichtung, mit allen Merkmalen des Anspruchs 1.

[0026] Durch die Möglichkeit, das von den beiden Magnetanordnungen ausgehende und auf die weichmagnetische Spitze einwirkende Magnetfeld durch Relativanordnung der beiden Magnetanordnungen zu verändern, besteht grundsätzlich die Möglichkeit, eine schaltbare also hinsichtlich des Magnetisierungszustands der weichmagnetischen Spitze veränderbare magnetische Trennvorrichtung wenigstens für die Dauer des stärker magnetisierten Zustands stromlos und somit im Wesentlichen ohne Wärmequellen bereitzustellen.

[0027] Überdies besteht durch die veränderliche Relativanordnung der beiden Magnetanordnungen die Möglichkeit, den Magnetisierungszustand der weichmagnetischen Spitze nicht nur wie im Stand der Technik zwischen einem ersten Zustand niedriger bzw. keiner Magnetisierung und einem zweiten Zustand stärkerer Magnetisierung zu ändern. Vielmehr bietet die veränderliche Relativanordnung der zwei Magnetanordnungen die Möglichkeit, den Magnetisierungsgrad der weichmagnetischen Spitze gezielt auch zu zwischen zwei Extremwerten liegenden Zwischenwerten hin zu ändern, vorzugsweise sogar wenigstens in Bereichen stufenlos zu ändern.

[0028] Dies ist beispielsweise möglich, wenn die Relativstellungen der beiden Magnetanordnungen zumindest in einem Bereich der Relativbeweglichkeit der beiden Magnetanordnungen zueinander stufenlos veränderbar sind.

[0029] Mit "magnetisch" ist ein Material bezeichnet, welches entweder magnetisierbar ist oder magnetisiert ist. In den meisten Anwendungsfällen der vorliegend diskutierten magnetischen Trennvorrichtung werden die

magnetischen Partikel ferromagnetisches Material umfassen oder aus ferromagnetischem Material bestehen.

[0030] Um die zur Bildung der erfindungsgemäßen Trennvorrichtung benötigten Führungs- und Antriebsmittel in ihrer Anzahl möglichst gering zu halten, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die eine der beiden Magnetanordnungen relativ zur weichmagnetischen Spitze ortsfest ist und die jeweils andere Magnetanordnung relativ zur Spitze und zur einen Magnetanordnung beweglich ist.

[0031] Gemäß einer erfindungsgemäßen Ausführungsform, bei der allerdings zeitweise das Magnetfeld einer bestrombaren elektrischen Spule genutzt wird, umfasst eine der beiden Magnetanordnungen als Magnetisierungs-Magnetanordnung wenigstens einen Permanentmagneten und ist verlagerbar zwischen einer weiter von der Spitze entfernt gelegenen und durch einen Luftspalt von dieser getrennten Nicht-Magnetisierungsposition und einer stärker an die Spitze angenäherten Magnetisierungsposition, wobei die jeweils andere Magnetanordnung als Antriebs-Magnetanordnung eine wahlweise bestrombare elektrische Spule aufweist, welche abhängig von ihrer Bestromung die Magnetisierungs-Magnetanordnung von der Magnetisierungsposition in die Nicht-Magnetisierungsposition verlagert.

[0032] Erfindungsgemäß ist die Verlagerung der Magnetisierungs-Magnetanordnung von der Nicht-Magnetisierungsposition in die Magnetisierungsposition ebenfalls von der Antriebs-Magnetanordnung bewirkbar ist.

[0033] Die Magnetisierungs-Magnetanordnung ist dabei jene Magnetanordnung der ersten und der zweiten Magnetanordnung, deren Magnetfeld in der Magnetisierungsposition der Magnetisierungs-Magnetanordnung in die weichmagnetische Spitze "eingekoppelt" wird und so eine Magnetisierung der weichmagnetischen Spitze bewirkt. In der Nicht-Magnetisierungsposition ist die Magnetisierungs-Magnetanordnung weiter von der weichmagnetischen Spitze entfernt gelegen als in der Magnetisierungsposition, sodass in der Nicht-Magnetisierungsposition das von der Magnetisierungs-Magnetanordnung ausgehende Magnetfeld weniger stark als in der Magnetisierungsposition oder sogar gar nicht auf die weichmagnetische Spitze einwirkt. Dann also, wenn die Magnetisierungs-Magnetanordnung sich in ihrer Nicht-Magnetisierungsstellung befindet, ist die weichmagnetische Spitze weniger stark magnetisiert als dann, wenn sich die Magnetisierungs-Magnetanordnung in ihrer stärker an die Spitze angenäherten Magnetisierungsposition befindet. Bevorzugt ist die weichmagnetische Spitze in der Nicht-Magnetisierungsposition der Magnetisierungs-Magnetanordnung unmagnetisiert.

[0034] Die andere der beiden Magnetanordnungen, die als Antriebs-Magnetanordnung bezeichnet ist, wird bevorzugt lediglich zur Verlagerung der Magnetisierungs-Magnetanordnung zwischen ihren genannten Stellungen: Magnetisierungsposition und Nicht-Magnetisierungsposition, verwendet. Die Verlagerung der Magnetisierungs-Magnetanordnung zwischen ihren ge-

nannten Positionen erfolgt dabei abhängig von der Bestromung der Antriebs-Magnetanordnung.

[0035] Bevorzugt ist die Magnetisierungs-Magnetanordnung ein Permanentmagnet oder eine Permanentmagnetanordnung mit mehreren Permanentmagneten, um eine stromlos magnetisierte Magnetisierungs-Magnetanordnung und damit eine stromlos magnetisierbare Spitze bereitzustellen. Daher umfasst die Magnetisierungs-Magnetanordnung bevorzugt keinen Elektromagneten.

[0036] Da die Antriebs-Magnetanordnung bei geeigneter konstruktiver Ausgestaltung der Trennvorrichtung lediglich für eine Verlagerung der Magnetisierungs-Magnetanordnung bestromt werden muss, braucht die Antriebs-Magnetanordnung nicht wie im Stand der Technik für die gesamte Dauer bestromt zu werden, in der sich die Magnetisierungs-Magnetanordnung in der Magnetisierungsposition befindet oder allgemein: in der die weichmagnetische Spitze einen Zustand stärkerer Magnetisierung aufweist. Tatsächlich reicht es in der Regel aus, die Antriebs-Magnetanordnung während der Annäherungsbewegung der Magnetisierungs-Magnetanordnung an die Magnetisierungsposition nur solange bestromen, wie sich die Magnetisierungs-Magnetanordnung in der Annäherungsbewegung befindet oder/und sich der Magnetisierungsposition soweit angenähert hat, dass sie ihre Annäherungsbewegung selbst bei unbestromter Antriebs-Magnetisierungsanordnung bis zum Erreichen der Magnetisierungsposition fortsetzt.

[0037] Bevorzugt ist die Antriebs-Anordnung derart in der Trennvorrichtung angeordnet, dass ihre Bestromung eine Entfernung der Magnetisierungs-Magnetanordnung von der weichmagnetischen Spitze bewirkt. Die Bestromung der Antriebs-Magnetanordnung bewirkt somit eine Verstellung der Magnetisierungs-Magnetanordnung in die Nicht-Magnetisierungsposition.

[0038] Dann, wenn die Magnetisierungs-Magnetanordnung mit einer Komponente in Schwerkraftwirkungsrichtung oder vollständig in Schwerkraftwirkungsrichtung verlagerbar angeordnet ist, kann die Verlagerung der Magnetisierungs-Magnetanordnung von der Nicht-Magnetisierungsposition in die Magnetisierungsposition durch die Schwerkraft unterstützt erfolgen. In diesem Falle kann es ausreichen, die Bestromung der die Schwerkraft kompensierenden Antriebs-Magnetanordnung zu beenden, um die Magnetisierungs-Magnetanordnung in die Magnetisierungsposition zu verlagern und somit den Magnetisierungszustand der weichmagnetischen Spitze von einer weniger starken Magnetisierung in eine stärkere Magnetisierung zu verändern.

[0039] Selbst wenn in diesem Falle die Antriebs-Magnetisierungsanordnung für die Dauer des Verbleibs der Magnetisierungs-Magnetanordnung in der Nicht-Magnetisierungsposition bestromt bleiben müsste, um die Magnetisierungs-Magnetanordnung in der Nicht-Magnetisierungsposition zu halten, ist in diesem Betriebszustand das Eintauch-Ende der dann weniger bis gar nicht magnetisierten weichmagnetischen Spitze nicht in die zu bearbeitende Suspension eingetaucht, sodass das Risiko

einer thermischen Belastung der zu bearbeitenden Suspension durch die bestromte Antriebs-Magnetanordnung aufgrund des dann möglichen räumlichen Abstands der Trennvorrichtung von der zu bearbeitenden Suspension vernachlässigbar gering oder ausgeschlossen ist.

[0040] Da die Antriebs-Magnetanordnung im Übrigen lediglich zur Verlagerung der Magnetisierungs-Magnetanordnung benötigt wird, kann hierfür ein im Vergleich zu den Magnetisierungs-Elektromagneten des Standes der Technik schwächerer Elektromagnet verwendet werden, der während seiner Bestromung nur eine geringere Menge an Wärme entwickelt, als dies im Stand der Technik für jene Elektromagnete der Fall ist, die zur Magnetisierung der weichmagnetischen Spitze verwendet werden. Auch dies senkt das Risiko einer thermischen Beeinflussung der zu bearbeitenden Suspension.

[0041] Die Antriebs-Magnetanordnung wird, wie oben bereits erwähnt, erfindungsgemäß auch dazu verwendet, die Magnetisierungs-Magnetanordnung von der Nicht-Magnetisierungsposition in die Magnetisierungsposition zu verlagern. Dann, wenn beispielsweise die Magnetisierungs-Magnetanordnung längs seiner horizontalen Bahn orthogonal zur Schwerkraftwirkungsrichtung bewegt wird, kann jeweils eine Bestromung der Antriebs-Magnetanordnung mit entsprechender Stromflussrichtung die Magnetisierungs-Magnetanordnung in die eine oder andere der genannten Positionen: Magnetisierungsposition und Nicht-Magnetisierungsposition, verlagern, sodass in diesem Falle die Antriebs-Magnetanordnung nur für die kurzen Zeitabschnitte bestromt zu werden braucht, bis die Magnetisierungs-Magnetanordnung ihre jeweilige gewünschte Position aus Magnetisierungsposition und Nicht-Magnetisierungsposition erreicht hat. Dies gilt auch für alle übrigen Fälle, in denen konstruktiv oder/und funktional dafür Sorge getragen ist, dass die Magnetisierungs-Magnetanordnung in wenigstens einer ihrer Stellungen aus Magnetisierungsposition und Nicht-Magnetisierungsposition verbleibt, bis sie durch die magnetische Kraft der Antriebs-Magnetanordnung aus der jeweiligen Stellung in die jeweils andere Stellung aus Nicht-Magnetisierungsposition und Magnetisierungsposition verlagert wird.

[0042] Grundsätzlich kann es ausreichen, wenn ein Luftspalt zwischen der Magnetisierungs-Magnetanordnung und der weichmagnetischen Spitze, insbesondere deren Magnetisierungsabschnitt, in der Magnetisierungsposition kleiner ist als in der Nicht-Magnetisierungsposition der Magnetisierungs-Magnetanordnung. Ein besonders vorteilhaft hoher Magnetisierungsgrad der weichmagnetischen Spitze kann jedoch dadurch erreicht werden, dass die Magnetisierungs-Magnetanordnung in der Magnetisierungsposition mit der weichmagnetischen Spitze in Magnetschluss-Kontakt steht, also entweder unmittelbar mit dem Magnetisierungsabschnitt in körperlichem Berührkontakt steht oder mittelbar unter Zwischenanordnung eines ferromagnetischen Materials in Berührkontakt mit diesem steht, wobei dann bevorzugt

die Magnetisierungs-Magnetanordnung mit dem zwischenangeordneten ferromagnetischen Material in körperlichem Berührungskontakt steht und das ferromagnetische Material mit dem Magnetisierungsabschnitt der weichmagnetischen Spitze in Berührungskontakt steht. Vorteilhafterweise ist also in der Magnetisierungsposition kein Luftspalt zwischen der Magnetisierungs-Magnetanordnung und der weichmagnetischen Spitze, insbesondere ihrem Magnetisierungsabschnitt, vorhanden.

[0043] In der Nicht-Magnetisierungsposition ist dagegen bevorzugt ein solcher Luftspalt zwischen der weichmagnetischen Spitze, insbesondere ihrem Magnetisierungsabschnitt, und der Magnetisierungs-Magnetanordnung vorhanden.

[0044] Erfindungsgemäß weist die magnetische Trennvorrichtung - wie oben bereits angedeutet - eine Haltevorrichtung auf, welche die Magnetisierungs-Magnetanordnung in der Nicht-Magnetisierungsposition hält. In einem solchen Fall kann die notwendige Haltekraft zum Halten der Magnetisierungs-Magnetanordnung in der Nicht-Magnetisierungsposition durch die Haltevorrichtung aufgebracht werden. Sie braucht dann nicht durch Bestromung der Antriebs-Magnetanordnung aufgebracht werden.

[0045] Erfindungsgemäß weist die Haltevorrichtung ein ferromagnetisches Halteteil auf, mit welchem die Magnetisierungs-Magnetanordnung in der Nicht-Magnetisierungsposition in Magnetschluss-Kontakt steht. Da die Magnetisierungs-Magnetanordnung ohnehin einen Permanentmagneten aufweist und somit wenigstens abschnittsweise dauermagnetisiert ist, kann das von ihr ausgehende Magnetfeld besonders einfach auch zum Halten der Magnetisierungs-Magnetanordnung in der Nicht-Magnetisierungsposition genutzt werden. Auch hier ist darauf zu achten, dass das von der Antriebs-Magnetanordnung im Falle ihrer Bestromung ausgehende Magnetfeld und die daraus resultierende auf die Magnetisierungs-Magnetanordnung einwirkende Magnetkraft größer ist als die zwischen der Magnetisierungs-Magnetanordnung und dem ferromagnetischen Halteteil der Haltevorrichtung ausgeübte Magnetkraft. Dies sollte jedoch problemlos möglich sein, da die gleiche Bedingung auch zum Lösen der Magnetisierungs-Magnetanordnung vom Magnetisierungsabschnitt der weichmagnetischen Spitze aus der Magnetisierungsposition erfüllt sein muss.

[0046] Beispielsweise kann das ferromagnetische Halteteil derart dimensioniert sein, dass es dann in magnetischer Sättigung ist, wenn es in dem Magnetschluss-Kontakt mit der Magnetisierungs-Magnetanordnung in der Nicht-Magnetisierungsposition steht.

[0047] Bevorzugt kann das Halteteil aus weichmagnetischem Material sein. Aus Gründen besonders einfacher Auslegung der Trennvorrichtung kann es aus dem gleichen weichmagnetischen Material sein wie die weichmagnetische Spitze.

[0048] Ein mögliches Ziel der vorliegenden magnetischen Trennvorrichtung ist es, eine Mehrzahl von weich-

magnetischen Spitzen gleichzeitig zu verwenden, wobei bevorzugt die Mehrzahl von weichmagnetischen Spitzen in einem vorgegebenen Anordnungsmuster vorgesehen sind, beispielsweise in Zeilen und Spalten angeordnet.

[0049] Um für eine solche matrixartige Anordnung von weichmagnetischen Spitzen einer magnetischen Trennvorrichtung die magnetische Trennvorrichtung mit möglichst wenig radialem Bauraum bereitstellen zu können, ist es vorteilhaft, wenn sich die weichmagnetische Spitze längs einer Spitzenachse erstreckt. Die Montage der weichmagnetischen Spitze in der magnetischen Trennvorrichtung kann dadurch vereinfacht werden, wenn die weichmagnetische Spitze wenigstens abschnittsweise, vorzugsweise vollständig, rotationssymmetrisch bezüglich der Spitzenachse als Rotationsachse ausgebildet ist.

[0050] Es dient weiterhin der radial schlanken Bauweise der magnetischen Trennvorrichtung, wenn die Relativverlagerungsbahn der beiden Magnetanordnungen parallel oder bevorzugt kollinear mit der Spitzenachse verläuft. "Parallel" bedeutet dabei, dass zwischen den in gleiche Richtung verlaufenden Linien: Spitzenachse und Relativverlagerungsbahn, ein Abstand besteht. Dieser ist bei kollinearer Anordnung 0.

[0051] Ein sowohl möglichst homogenes Magnetfeld der beiden Magnetanordnungen zueinander kann dadurch erhalten werden, dass die eine Magnetanordnung die jeweils andere umgibt, wobei dann ein besonders vorteilhaftes homogenes und symmetrisches Magnetfeld der magnetischen Trennvorrichtung insgesamt erhalten werden kann, wenn die eine Magnetanordnung die jeweils andere coaxial umgibt. Aus den genannten Gründen ist ein vollständiges Umschließen der einen Magnetanordnung durch die jeweils andere bevorzugt.

[0052] So ist es im erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel bevorzugt, wenn die Antriebs-Magnetanordnung die Magnetisierungs-Magnetanordnung umgibt.

[0053] Bevorzugt erstreckt sich somit auch die oben genannte Magnetisierungs-Magnetanordnung längs einer Magnetanordnungsachse, welche bevorzugt kollinear mit der Spitzenachse angeordnet ist.

[0054] Auch dann, wenn eine die jeweils andere Magnetanordnung umgebende Magnetanordnung sich längs einer Erstreckungsachse erstreckt, wobei die Erstreckungsachse dann lediglich einen von den Magneten der Magnetanordnung umgebenen Hohlraum durchsetzt, ist es vorteilhaft, wenn diese Erstreckungsachse und die Spitzenachse kollinear angeordnet sind.

[0055] Bevorzugt sind daher beide Magnetanordnungen, also Magnetisierungs-Magnetanordnung einerseits und Antriebs-Magnetanordnung andererseits, sowie die weichmagnetische Spitze coaxial mit kollinearen Verlaufsachsen angeordnet.

[0056] Bevorzugt ist daher vorgesehen, dass wenigstens ein Teil der Permanentmagneten der Magnetisierungs-Magnetanordnung coaxial zur Spitzenachse verläuft und längs dieser Achse polarisiert ist und bevorzugt bezüglich der Spitzenachse als Rotationsachse

se rotationssymmetrisch ausgebildet ist. Besonders bevorzugt gilt dies für alle Permanentmagneten der Magnetisierungs-Magnetanordnung.

[0057] Bevorzugt ist die weichmagnetische Spitze zur Verbesserung der Trennung von magnetischen Partikeln von Suspensionsflüssigkeit rotierbar, wobei die Rotationsachse der weichmagnetischen Spitze bevorzugt ihre Spitzenachse ist. Aus diesem Grunde ist es ebenso bevorzugt, dass die magnetische Trennvorrichtung einen Drehantrieb aufweist, welcher mit der weichmagnetischen Spitze Bewegung und Drehmoment übertragend gekoppelt ist. Durch diesen Drehantrieb ist die Spitze rotierbar. Ein Drehantriebsbauteil, etwa ein zur gemeinsamen Rotation um die Rotationsachse mit der weichmagnetischen Spitze dauerhaft gekoppelter und mit dem Drehantrieb lösbar gekoppelter oder koppelbarer Wellen- oder Nabenstumpf kann wenigstens abschnittsweise aus weichmagnetischem Material gebildet sein, wobei das Drehantriebsbauteil dann als das oben genannte Haltevorrichtung wirken kann, die die Magnetisierungs-Magnetanordnung in der Nicht-Magnetisierungsposition hält.

[0058] Zur Erzielung einer gewünscht schlanken Bauform sind bevorzugt die beiden Magnetanordnungen in Richtung der Spitzenachse zwischen der weichmagnetischen Spitze und dem Drehantrieb, insbesondere zwischen der Spitze und dem oben genannten Drehantriebsbauteil angeordnet. Dies gilt bevorzugt unabhängig von der jeweils eingenommenen Position der beweglichen Magnetanordnung.

[0059] Bevorzugt weist die magnetische Trennvorrichtung zur Erhöhung der Anzahl der durch sie gleichzeitig bearbeitbaren Suspensionen einen Trennvorrichtungskopf mit einer Mehrzahl von weichmagnetischen Spitzen auf, welche sich alle längs einer Spitzenachse erstrecken, wobei die Spitzenachsen der einzelnen weichmagnetischen Spitzen parallel zueinander angeordnet sind. Bevorzugt sind die weichmagnetischen Spitzen matrixartig in Zeilen und Spalten angeordnet, wobei ein orthogonales Zeilen- und Spaltensystem bevorzugt ist.

[0060] Um mit einem derartigen Trennvorrichtungskopf gleichzeitig auch unterschiedliche Suspensionen bearbeiten zu können, ist vorzugsweise der Magnetisierungszustand wenigstens eines Teils der weichmagnetischen Spitzen des Trennvorrichtungskopfes unabhängig von einem anderen Teil der weichmagnetischen Spitzen änderbar. Diese unabhängige Änderbarkeit des Magnetisierungszustands von weichmagnetischen Spitzen in einem Trennvorrichtungskopf kann durch individuelle Bestromung der die Änderung des Magnetisierungszustands der jeweiligen weichmagnetischen Spitze bewirkenden Antriebs-Magnetanordnung erfolgen.

[0061] Bevorzugt ist der Magnetisierungszustand jeder einzelnen weichmagnetischen Spitze des Trennvorrichtungskopfes unabhängig vom Magnetisierungszustand jeder anderen weichmagnetischen Spitze änderbar.

[0062] Da die Änderung des Magnetisierungszu-

stands mittels Bestromung der Antriebs-Magnetanordnung erfolgt, kann die Bestromung einzelner Antriebs-Magnetanordnungen in einfacher und sicherer Weise durch eine entsprechende Steuereinrichtung bewirkt werden, wobei die Steuereinrichtung auch dazu ausgebildet sein kann, weichmagnetische Spitzen des Trennvorrichtungskopfes zeilen- oder/und spaltenweise zur gemeinsamen Änderung des Magnetisierungszustandes zusammenzufassen. In diesem Falle kann die Steuereinrichtung alle weichmagnetischen Spitzen einer Zeile oder/und einer Spalte durch gemeinsame Ansteuerung der jeweiligen Magnetanordnungen in gleichem Sinne und gleichzeitig ändern.

[0063] Derartige magnetische Trennvorrichtungen lassen sich vorteilhaft an einer Pipettiervorrichtung vorsehen, wobei dann wenigstens ein Pipettierkanal der Pipettiervorrichtung durch eine Trennvorrichtung, wie sie oben beschrieben ist, ersetzt ist.

[0064] Die oben zur Bildung einer radial möglichst schlanken Trennvorrichtung vorgestellten technischen Merkmale erlauben, die magnetische Trennvorrichtung der vorliegenden Erfindung mit einem radialen Bauraumbedarf auszubilden, welcher jenen eines Pipettierkanals in einer Pipettiervorrichtung nicht übersteigt. Bevorzugt hat eine wie oben beschrieben ausgebildete Trennvorrichtung eine radiale Ausdehnung von weniger als 20 mm, vorzugsweise von nicht mehr als 18 mm.

[0065] Die weichmagnetische Spitze kann metallisch blank sein oder kann einen Überzug aufweisen. Der Überzug kann fest mit der magnetischen Spitze verbunden sein oder kann lösbar an dieser vorgesehen sein.

[0066] Die in der vorliegenden Anmeldung als relativ zur weichmagnetischen Spitze bewegbar beschriebenen Magnetisierungs-Magnetanordnungen können an einem relativ zur weichmagnetischen Spitze zumindest nicht translatorisch verlagerbaren Trägerbauteil zu ihrer Bewegung geführt sein. Bevorzugt befindet sich das Trägerbauteil zwischen der weichmagnetischen Spitze und dem Drehantrieb. Das Trägerbauteil kann mit einem Führungsabschnitt eine an ihm zur Relativbewegung geführte Magnetanordnung durchsetzen oder diese radial außen umgeben.

[0067] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert werden. Es stellt dar:

Figur 1a eine Aufrissansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen magnetischen Trennvorrichtung der vorliegenden Anmeldung mit einer Magnetisierungs-Magnetanordnung und einer Antriebs-Magnetanordnung, wobei sich die Magnetisierungs-Magnetanordnung in ihrer Nicht-Magnetisierungsposition befindet,

Figur 1 b eine Längsschnittansicht durch die Vorrichtung der Figur 1a längs der Schnittebene Ib-Ib in Figur 1a,

Figur 2a die erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen magnetischen Trennvorrichtung von Figur 1a, jedoch mit der Magnetisierungs-Magnetanordnung in der Magnetisierungsposition, und

Figur 2b eine Längsschnittansicht der Vorrichtung von Figur 2a längs der Schnittebene IIb-IIb in Figur 2a.

[0068] In den Figuren 1a bis 2b ist eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen magnetischen Trennvorrichtung allgemein mit 10 bezeichnet. Unterhalb der magnetischen Trennvorrichtung befindet sich ein beispielhaft dargestelltes Probengefäß 12, in welchem sich, wie in Figur 1b dargestellt ist, eine Suspension 14 mit magnetischen Partikeln befindet.

[0069] Die magnetische Trennvorrichtung 10 erstreckt sich längs einer Vorrichtungssachse V, die auch in der Schnittebene Ib-Ib enthalten ist. Die Vorrichtungssachse V verläuft parallel zur Zeichenebene der Figur 1, die Schnittebene Ib-Ib orthogonal zu dieser. Die magnetische Trennvorrichtung 10 weist eine weichmagnetische Spitze 16 auf, welche, wie im dargestellten Beispiel, als zylindrisches Bauteil ausgebildet sein kann, wobei die Zylinderachse oder allgemein die Längsachse L der weichelastischen Spitze 16 mit der Vorrichtungssachse V zusammenfällt.

[0070] Die weichmagnetische Spitze 16 weist ein dem Behälter 12 näher liegendes Eintauch-Ende 16a auf und weist einen Magnetisierungsabschnitt 16b auf, welcher im vorliegenden Beispiel, wie unten noch näher erläutert werden wird, konstruktiv bedingt durch das dem Eintauch-Ende 16a entgegengesetzte Längsende gebildet ist.

[0071] Die weichmagnetische Spitze 16 kann an ihrem Eintauch-Ende 16a von einer Wechselhülle 18 umgeben sein, durch welche das Material der Spitze 16 gegenüber der Suspension 14 abgeschirmt werden kann, in die das Eintauch-Ende 16a der Spitze 16 durch Bewegung längs der Vorrichtungssachse V betriebs- und bestimmungsgemäß eingetaucht wird. Die Wechselhülle 18 ist eine lösbar und austauschbar an der Spitze 16 vorgesehene Schutzhülle.

[0072] Die weichmagnetische Spitze 16 ist mit ihrem Magnetisierungsabschnitt 16b in einen Fassungsabschnitt 20a eines Trägerbauteils 20 eingespannt, beispielsweise eingeschrumpft oder auch eingeschraubt, eingeklebt, eingelötet und dgl.

[0073] In dem Trägerbauteil 20, welches bevorzugt wie die weichelastische Spitze 16 auch rotationssymmetrisch bezüglich der Vorrichtungssachse V ausgebildet ist, ist eine erste Magnetanordnung 22 als Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 längs der Vorrichtungssachse V beweglich aufgenommen. Das Trägerbauteil 20 weist hierzu einen Hohlraum 24 auf, welcher axial - bezogen auf die Vorrichtungssachse V - länger ausgebildet ist als die Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 und in welchem

die Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 axial beweglich ist.

[0074] Das Trägerbauteil 20 ist bevorzugt aus nicht-magnetisierbarem Material gebildet, es kann aus Kunststoff, Aluminium, Messing und dgl. gebildet sein.

[0075] Axial in Richtung von der Spitze 16 weg schließt an das Trägerbauteil 20 ein Wellenstumpf 26 an, welcher im dargestellten Beispiel die Ausnehmung 24 im Trägerbauteil 20 axial abschließt.

[0076] Der Wellenstumpf 26 weist eine Ausnehmung 28 zur Aufnahme einer in den Figuren 1 und 2 nicht dargestellten Passfeder auf, mittels welcher Drehmoment von einer ebenfalls nicht dargestellten Nabe auf den Wellenstumpf 26 übertragbar ist, um den Wellenstumpf 26 und mit diesem die Vorrichtung 10 insgesamt zur Rotation um die Vorrichtungssachse V als Rotationsachse anzutreiben. Durch Rotation des Wellenstumpfes 26 und mit diesem der Vorrichtung 10 insgesamt kann auch die drehfest mit dem Wellenstumpf 26 gekoppelte weichmagnetische Spitze 16 in Rotation um ihre Längsachse L versetzt werden, wodurch in radialer Richtung bezogen auf die Vorrichtungssachse V wirkende Fliehkräfte auf etwaig an dem Eintauch-Ende 16a der weichmagnetischen Spitze 16 anhaftende magnetische Partikel ausgeübt werden können, um entweder an diesen noch anhaftende Suspensionsflüssigkeit von diesen zu trennen, oder um die Trennung der magnetischen Partikel vom Eintauch-Ende 16a der weichmagnetischen Spitze 16 zu erleichtern.

[0077] Der Drehantrieb für die magnetische Trennvorrichtung 10 ist in den Figuren 1 bis 4 nicht dargestellt.

[0078] Der Wellenstumpf 26 weist wenigstens an seinem dem Trägerbauteil 22 näher gelegenen Längsende 26a weichmagnetisches Material auf, sodass die Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 in der in Figur 1b dargestellten Nicht-Magnetisierungsposition an dem weichmagnetischen Material des Längsendes 26a des Wellenstumpfes 26 körperlich anliegt und so einen Magnetabschluss mit diesem herstellt. Durch die so gebildeten Magnetkräfte zwischen wenigstens dem Längsende 26a des Wellenstumpfes 26 und der Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 verbleibt diese ohne äußere Krafteinwirkung in der dargestellten Nicht-Magnetisierungsposition.

[0079] Zur Verstellung der Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 in ihre in Figur 2b dargestellte Magnetisierungsposition und zurück ist radial außen an dem Trägerbauteil 20 eine Antriebs-Magnetanordnung 30 vorgesehen, welche einen Abschnitt des Trägerbauteils 20 radial außen umgibt. Damit umgibt die Antriebs-Magnetanordnung 30 auch die Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 radial außen.

[0080] Während die Magnetisierungs-Magnetanordnung bevorzugt aus einem oder aus mehreren Permanentmagneten gebildet ist, wobei die Magnetisierungs-Magnetanordnung bevorzugt längs der Vorrichtungssachse V magnetisiert ist, sodass beispielsweise ihr der Spitze 16 zugewandtes Ende 22a einen magnetischen

Südpol aufweist und ihr dem Wellenstumpf 26 zugewandtes entgegengesetztes Längsende 22b einen magnetischen Nordpol aufweist, ist die Antriebs-Magnetanordnung 30 bevorzugt durch einen Elektromagneten gebildet, also durch eine bestrombare Spule. Die Spulenachse S fällt bevorzugt ebenso mit der Vorrichtungssachse V zusammen wie eine Symmetrieachse M der Magnetisierungs-Magnetanordnung 22.

[0081] Durch einen kurzzeitigen Bestromungsimpuls kann vorübergehend in der Antriebs-Magnetanordnung 30 ein Magnetfeld erzeugt werden, das bei geeigneter Polarität eine betragsmäßig größere und entgegengesetzt gerichtete Kraft auf die Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 ausübt als der Magnetschluss zwischen dem Längsende 22b und dem als Haltevorrichtung agierenden Längsende 26a des Wellenstumpfes 26. In der Folge wird dadurch die Magnetisierungs-Magnetanordnung unter Verkürzung des axialen Abstandes zwischen dem Längsende 22a der Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 und dem Magnetisierungsabschnitt 16b der weichmagnetischen Spitze 16 in die in Figur 2b dargestellte Magnetisierungsposition verlagert.

[0082] In der in Figur 2b dargestellten Magnetisierungsposition berührt bevorzugt das Längsende 22a der Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 körperlich den Magnetisierungsabschnitt 16b der weichmagnetischen Spitze 16 und bildet einen Magnetschluss mit diesem, wodurch die weichmagnetische Spitze 16 für die Dauer dieses Magnetschlusses selbst magnetisiert ist.

[0083] Dann, wenn die weichmagnetische Spitze 16 magnetisiert ist, lagern sich die in der Suspension 14 befindlichen magnetischen Partikel an dem Eintauch-Ende 16a der Spitze 16 ab, wenn diese in die Suspension 14 eingetaucht ist. Dadurch können die magnetischen Partikel und mit diesen an ihrer Außenseite anhaftende Substanzen aus der Suspension 14 entfernt werden.

[0084] Durch den Magnetschluss zwischen der Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 und der weichmagnetischen Spitze 16 wirken zwischen der Spitze 16 und der Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 magnetische Kräfte, die die Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 in der Magnetisierungsposition halten.

[0085] Die Verlagerung der Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 in die Magnetisierungsposition von Figur 2b und der Verbleib in dieser werden in der hier beispielhaft gezeigten Anordnung durch die Schwerkraft unterstützt.

[0086] Für die Dauer des Magnetschlusses zwischen der Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 und der Spitze 16 braucht die Antriebs-Magnetanordnung 30 nicht bestromt zu werden. Diese muss lediglich für die Dauer des Lösens der Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 von Längsende 26a des Wellenstumpfes 26 solange bestromt werden, bis die Summe aus Schwerkraft und Anziehungskraft zwischen dem Längsende 22a und der Spitze 16 größer ist als die Anziehungskraft zwischen dem entgegengesetzten Längsende 22b und dem Längsende 26a des Wellenstumpfes. Ab dieser Bedin-

gung läuft die weitere Verlagerung der Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 in die Magnetisierungsposition selbsttätig ab.

[0087] Somit stellt die lediglich kurzzeitig bestromte Antriebs-Magnetanordnung 30 keine nennenswerte Wärmequelle im Betrieb der magnetischen Trennvorrichtung 10 dar.

[0088] Da die Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 im dargestellten Beispiel von der Magnetisierungsposition in die Nicht-Magnetisierungsposition gegen die Wirkung der Schwerkraft verlagert werden muss, kann es notwendig sein, die Antriebs-Magnetanordnung zur Verlagerung der Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 in die Nicht-Magnetisierungsposition länger zu bestromen als zur Verlagerung in die entgegengesetzte Richtung. Auch dies trägt jedoch nicht wesentlich zur Wärmeentwicklung bei, da die Bestromung jedenfalls nicht über die Dauer der Verlagerung hinaus fortgesetzt zu werden braucht. Nach Erreichen des Längsendes 26a des Wellenstumpfes 26 und nach Herstellung eines Magnetschlusses mit diesem verbleibt die Magnetisierungs-Magnetanordnung 22 erneut in der Nicht-Magnetisierungsposition.

[0089] In dieser Nicht-Magnetisierungsposition ist das weichmagnetische Material der Spitze 16 im Wesentlichen nicht magnetisiert, sodass bei Eintauchen des Eintauchendes 16a in die Suspension 14 keine magnetischen Partikel an dieser sich anlagern.

[0090] Die gezeigte Ausführungsform gestattet eine radial äußerst schlanke Bauweise, die die Integration der gezeigten magnetischen Trennvorrichtung in eine Pipettiervorrichtung, insbesondere in einen Pipettierkopf, gestattet, wobei die magnetische Trennvorrichtung dann einen Pipettierkanal in der Pipettiervorrichtung ersetzen kann.

[0091] Die radiale Abmessung der überwiegend - mit der Ausnahme weniger Bauteilabschnitte - rotationssymmetrisch bezüglich der Vorrichtungssachse V ausgebildeten magnetischen Trennvorrichtung ist bevorzugt kleiner als 20 mm im Durchmesser, besonders bevorzugt kleiner als 18 mm im Durchmesser.

Patentansprüche

1. Magnetische Trennvorrichtung (10) zur Trennung magnetischer Partikel aus einer Suspension (14) mit einer weichmagnetischen Spitze (16), deren Magnetisierungszustand wahlweise zwischen einem stärker magnetisierten Zustand und einem schwächer magnetisierten Zustand änderbar ist, wobei die Spitze (16) ein Eintauch-Ende (16a) zur Einführung in die Suspension (14) und einen Magnetisierungsabschnitt (16b) zur Änderung des Magnetisierungszustands der Spitze (16) aufweist, wobei die Trennvorrichtung (10) eine erste Magnetanordnung (22) aufweist, deren Magnetfeld im Magnetisierungsabschnitt (16b) der Spitze (16) zur Änderung ihres Ma-

- gnetisierungszustands zeitlich veränderlich ist, wobei die erste Magnetanordnung (22) als Magnetisierungs-Magnetanordnung (22) wenigstens einen Permanentmagneten umfasst, und relativ zur Spitze (16) verlagerbar ist zwischen einer weiter von der Spitze (16) entfernt gelegenen und durch einen Luftspalt von dieser getrennten Nicht-Magnetisierungsposition und einer stärker an die Spitze (16) angenäherten Magnetisierungsposition, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trennvorrichtung (10) eine zweite Magnetanordnung (30) umfasst, wobei die erste (22) und die zweite Magnetanordnung (30) relativ zueinander verlagerbar sind und der Magnetisierungszustand der weichmagnetischen Spitze (16) abhängig von der Relativstellung der beiden Magnetanordnungen (22, 30) ist, wobei die zweite Magnetanordnung (30) als Antriebs-Magnetanordnung (30) eine wahlweise bestrombare elektrische Spule aufweist, welche abhängig von ihrer Bestromung die Magnetisierungs-Magnetanordnung (22) von der Magnetisierungsposition in die Nicht-Magnetisierungsposition verlagert, wobei die magnetische Trennvorrichtung (10) eine Haltevorrichtung (26a) aufweist, welche die Magnetisierungs-Magnetanordnung (22) in der Nicht-Magnetisierungsposition hält, wobei die Haltevorrichtung (26a) ein ferromagnetisches Halteteil (26a) aufweist, mit welchem die Magnetisierungs-Magnetanordnung (22) in der Nicht-Magnetisierungsposition in Magnetschluss-Kontakt steht, wobei die Antriebs-Magnetanordnung (30) relativ zur weichmagnetischen Spitze (16) ortsfest ist, und dass die wahlweise bestrombare elektrische Spule der Antriebs-Magnetanordnung (30) abhängig von ihrer Bestromung die Magnetisierungs-Magnetanordnung (22) auch von der Nicht-Magnetisierungsposition in die Magnetisierungsposition verlagert.
2. Magnetische Trennvorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Magnetisierungs-Magnetanordnung (22) wenigstens ein Permanentmagnet oder eine Permanentmagnetanordnung mit mehreren Permanentmagneten ist.
 3. Magnetische Trennvorrichtung (10) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Magnetisierungs-Magnetanordnung (22) in der Magnetisierungsposition mit der Spitze (16) in Magnetschluss-Kontakt steht.
 4. Magnetische Trennvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Halteteil (26a) ein weichmagnetisches Halteteil (26a) ist.
 5. Magnetische Trennvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die weichmagnetische Spitze (16) längs einer Spitzenachse (L) erstreckt, vorzugsweise zumindest abschnittsweise rotationssymmetrisch bezüglich der Spitzenachse (L) als Rotationssymmetrieachse (M) ausgebildet ist, wobei eine Relativverlagerungsbahn (V) der beiden Magnetanordnungen (22, 30) parallel, vorzugsweise kollinear mit der Spitzenachse (L) ist.
 6. Magnetische Trennvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die eine Magnetanordnung (30) die jeweils andere (22) umgibt, vorzugsweise koaxial umgibt.
 7. Magnetische Trennvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, unter Einbeziehung des Anspruchs 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Permanentmagnet der Magnetisierungs-Magnetanordnung (22) koaxial zur Spitzenachse (L) verläuft und längs dieser Achse (L) polarisiert ist.
 8. Magnetische Trennvorrichtung (10) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Permanentmagnet der Magnetisierungs-Magnetanordnung (22) bezüglich der Spitzenachse (L) als Rotationssymmetrieachse (M) rotationssymmetrisch ausgebildet ist.
 9. Magnetische Trennvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die weichmagnetische Spitze (16) längs einer Spitzenachse (L) erstreckt, wobei die Trennvorrichtung (10) einen Drehantrieb aufweist, durch welchen die Spitze (16) um ihre Spitzenachse (L) rotierbar ist.
 10. Pipettier Vorrichtung mit wenigstens einer magnetischen Trennvorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 anstelle eines Pipettierkanals.
 11. Flüssigkeits-Handhabungsvorrichtung mit einer Mehrzahl von magnetischen Trennvorrichtungen (10) gemäß dem Anspruch 9, wobei die Mehrzahl von magnetischen Trennvorrichtungen (10) mit rasterartig angeordneten parallelen Spitzenachsen (L) vorgesehen ist, wobei jede Trennvorrichtung (10) einen eigenen Drehantrieb zur Rotation der jeweiligen Spitze (16) um ihre Spitzenachse (L) aufweist, welcher gesondert von den Drehantrieben der übrigen Trennvorrichtungen (10) betreibbar ist.

Claims

1. A magnetic isolating apparatus (10) for isolating magnetic particles from a suspension (14), having a soft-magnetic tip (16) whose magnetization state is selectably changeable between a more strongly magnetized state and a more weakly magnetized state; the tip (16) comprising an immersion end (16a) for introduction into the suspension (14) and a magnetization portion (16b) for changing the magnetization state of the tip (16); the isolating apparatus (10) comprising a first magnet arrangement (22) whose magnetic field in the magnetization portion (16b) of the tip (16) is modifiable over time in order to change its magnetization state; the first magnet arrangement (22), constituting a magnetization magnet arrangement (22), comprising at least one permanent magnet and being displaceable relative to the tip (16) between a nonmagnetization position located farther from the tip (16) and separated therefrom by an air gap, and a magnetization position located closer to the tip (16),
characterized in that the isolating apparatus (10) encompasses a second magnet arrangement (30); the first (22) and the second magnet arrangement (30) being displaceable relative to one another, and the magnetization state of the soft-magnetic tip (16) being dependent on the relative position of the two magnet arrangements (22, 30); the second magnet arrangement (30), constituting a drive magnet arrangement (30), comprising a selectably energizable electrical coil that, as a function of its energization, displaces the magnetization magnet arrangement (22) from the magnetization position into the nonmagnetization position; the magnetic isolating apparatus (10) comprising a retaining apparatus (26a) that retains the magnetization magnet arrangement (22) in the nonmagnetization position; the retaining apparatus (26a) comprising a ferromagnetic retaining part (26a) with which the magnetization magnet arrangement (22) is in magnetically engaged contact in the nonmagnetization position; the drive magnet arrangement (30) being stationary relative to the soft-magnetic tip (16); and wherein the selectably energizable electrical coil of the drive magnet arrangement (30), as a function of its energization, also displaces the magnetization magnet arrangement (22) from the nonmagnetization position into the magnetization position.
2. The magnetic isolating apparatus (10) according to Claim 1,
characterized in that the magnetization magnet arrangement (22) is at least one permanent magnet or a permanent-magnet arrangement having several permanent magnets.
3. The magnetic isolating apparatus (10) according to Claim 2,
characterized in that the magnetization magnet arrangement (22) in the magnetization position is in magnetically engaged contact with the tip (16).
4. The magnetic isolating apparatus (10) according to one of the preceding claims,
characterized in that the retaining part (26a) is a soft-magnetic retaining part (26a).
5. The magnetic isolating apparatus (10) according to one of the preceding claims,
characterized in that the soft-magnetic tip (16) extends along a tip axis (L) and is embodied preferably at least in portions rotationally symmetrically with respect to the tip axis (L) constituting a rotational symmetry axis (M); a relative displacement path (V) of the two magnet arrangements (22, 30) being parallel to, preferably collinear with, the tip axis (L).
6. The magnetic isolating apparatus (10) according to one of the preceding claims,
characterized in that the one magnetic arrangement (30) surrounds, preferably coaxially surrounds, the respective other one (22).
7. The magnetic isolating apparatus (10) according to one of the preceding claims, including Claim 5,
characterized in that at least one permanent magnet of the magnetization magnet arrangement (22) proceeds coaxially with the tip axis (L) and is polarized along that axis (L).
8. The magnetic isolating apparatus (10) according to Claim 7,
characterized in that at least one permanent magnet of the magnetization magnet arrangement (22) is embodied rotationally symmetrically with respect to the tip axis (L) constituting a rotational symmetry axis (M).
9. The magnetic isolating apparatus (10) according to one of the preceding claims,
characterized in that the soft-magnetic tip (16) extends along a tip axis (L); the isolating apparatus (10) comprising a rotational drive by which the tip (16) is rotatable around its tip axis (L).
10. A pipetting apparatus having at least one magnetic isolating apparatus (10) according to one of Claims 1 to 9 instead of a pipetting channel.
11. A liquid handling apparatus having a plurality of magnetic isolating apparatuses (10) in accordance with Claim 9; the plurality of magnetic isolating apparatuses (10) being provided with parallel tip axes (L) arranged in a grid pattern; each isolating apparatus (10) comprising a dedicated rotational drive, for ro-

tating the respective tip (16) around its tip axis (L), which is operable separately from the rotational drives of the other isolating apparatuses (10).

Revendications

1. Dispositif de séparation magnétique (10) pour séparer des particules magnétiques d'une suspension (14) avec une pointe magnétique douce (16) dont l'état de magnétisation peut être changé sélectivement entre un état plus fortement magnétisé et un état moins fortement magnétisé, ladite pointe (16) comprenant une extrémité d'immersion (16a) pour l'introduction dans ladite suspension (14) et une section de magnétisation (16b) pour changer l'état de magnétisation de ladite pointe (16), ledit dispositif de séparation (10) comprenant un premier agencement d'aimants (22), dont le champ magnétique dans la section de magnétisation (16b) de la pointe (16) est variable dans le temps pour changer son état de magnétisation, dans lequel le premier agencement d'aimants (22) comprend au moins un aimant permanent comme agencement d'aimants de magnétisation (22), et est déplaçable par rapport à la pointe (16) entre une position de non-magnétisation plus éloignée de la pointe (16) et séparée de celle-ci par un entrefer, et une position de magnétisation plus rapprochée de la pointe (16), **caractérisé en ce que** le dispositif de séparation (10) comprend un deuxième agencement d'aimants (30), dans lequel le premier (22) et le deuxième agencement d'aimants (30) sont déplaçables l'un par rapport à l'autre et l'état de magnétisation de la pointe magnétique douce (16) dépend de la position relative des deux agencements d'aimants (22, 30), dans lequel le deuxième agencement d'aimants (30) présente comme agencement d'aimants d'entraînement (30) une bobine électrique qui peut être alimentée en courant de manière sélective, qui, en fonction de son alimentation en courant, déplace l'agencement d'aimants de magnétisation (22) de la position de magnétisation à la position de non-magnétisation, le dispositif de séparation magnétique (10) comprenant un dispositif de maintien (26a), qui maintient l'agencement d'aimants de magnétisation (22) dans la position de non-magnétisation, le dispositif de maintien (26a) comprenant un élément de maintien ferromagnétique (26a) avec lequel l'agencement d'aimants de magnétisation (22) est en contact magnétique dans la position de non-magnétisation, dans lequel l'agencement d'aimants d'entraînement (30) est stationnaire par rapport à la pointe magnétique douce (16), et **en ce que** la bobine électrique à être sélectivement alimentée en courant de l'agencement d'aimants d'entraînement (30) déplace également l'agencement d'aimants de magnétisation (22) de la position de non-magnétisation à la position

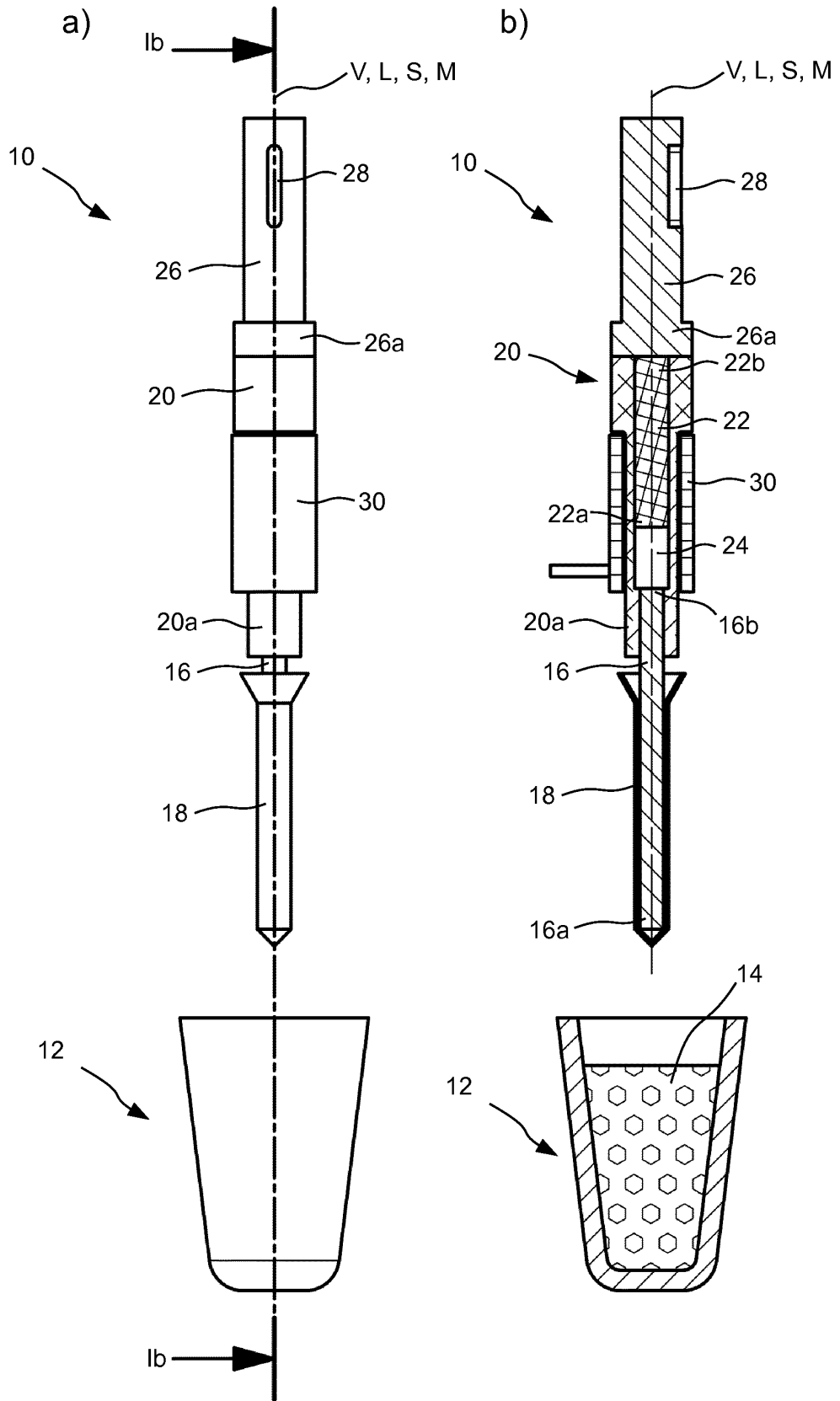
de magnétisation, en fonction de son alimentation en courant.

2. Dispositif de séparation magnétique (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'agencement d'aimants de magnétisation (22) est au moins un aimant permanent ou un agencement d'aimants permanents avec plusieurs aimants permanents.
3. Dispositif de séparation magnétique (10) selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'agencement d'aimants de magnétisation (22) est en contact magnétique avec la pointe (16) en position de magnétisation.
4. Dispositif de séparation magnétique (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément de maintien (26a) est un élément de maintien magnétique doux (26a).
5. Dispositif de séparation magnétique (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pointe magnétique douce (16) s'étend le long d'un axe de pointe (L), et est de préférence au moins par sections symétrique en rotation par rapport à l'axe de pointe (L) comme axe de symétrie de rotation (M), un trajet de déplacement relatif (V) des deux agencements d'aimants (22, 30) étant parallèle, de préférence colinéaire, à l'axe de pointe (L).
6. Dispositif de séparation magnétique (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un agencement d'aimants (30) entoure l'autre (22), de préférence coaxialement.
7. Dispositif de séparation magnétique (10) selon l'une des revendications précédentes, y compris la revendication 5, **caractérisé en ce qu'**au moins un aimant permanent de l'agencement d'aimants de magnétisation (22) est coaxial à l'axe de pointe (L) et est polarisé le long de cet axe (L).
8. Dispositif de séparation magnétique (10) selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'**au moins un aimant permanent de l'agencement d'aimants de magnétisation (22) est symétrique en rotation par rapport à l'axe de pointe (L) comme axe de symétrie de rotation (M).
9. Dispositif de séparation magnétique (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pointe magnétique douce (16) s'étend le long d'un axe de pointe (L), le dispositif de séparation (10) présentant un entraînement rotatif au moyen duquel la pointe (16) peut être tour-

née autour de son axe de pointe (L).

10. Dispositif de pipetage avec au moins un dispositif de séparation magnétique (10) selon l'une des revendications 1 à 9 au lieu d'un canal de pipetage. 5
11. Dispositif de manipulation de liquide avec une pluralité de dispositifs de séparation magnétiques (10) selon la revendication 9, la pluralité de dispositifs de séparation magnétiques (10) étant prévus avec des axes de pointe (L) parallèles, disposés en forme de grille, chaque dispositif de séparation (10) présentant son propre entraînement rotatif pour faire tourner la pointe (16) respective autour de son axe de pointe (L), chaque entraînement rotatif pouvant être opéré séparément des entraînements rotatifs des autres dispositifs de séparation (10). 10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

Fig. 1



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 0240173 A1 [0004] [0006] [0007] [0009]
- US 4751053 A [0009]
- US 7776221 B2 [0010]
- DE 102005004664 A1 [0013]
- US 5567326 A [0013]
- US 4649116 A [0014]
- US 5647994 A [0017] [0018]
- US 20080170966 A1 [0019]
- US 20060269385 A1 [0020] [0022]
- US 2693979 A [0021]
- US 6409925 B1 [0022]
- US 20090189464 A1 [0023]