

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
10. Oktober 2019 (10.10.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/193045 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: *B02C 17/00* (2006.01) *B01F 13/08* (2006.01) (DE). **THYSSENKRUPP AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/058393 (72) **Erfinder: WILCZEK, Michael**; Hangkamp 4, 48231 Warendorf (DE). **HALBEDEL, Bernd**; Hüttenholzstraße 20, 98693 Ilmenau (DE). **KAZAK, Oleg**; Schleifmühlenstraße 8b, 91054 Erlangen (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 03. April 2019 (03.04.2019) (74) **Anwalt: THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PROPERTY GMBH**; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 10 2018 002 868.3 06. April 2018 (06.04.2018) DE
- (71) **Anmelder: THYSSENKRUPP INDUSTRIAL SOLUTIONS AG** [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR PROCESSING MATERIALS

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM BEARBEITEN VON MATERIALIEN

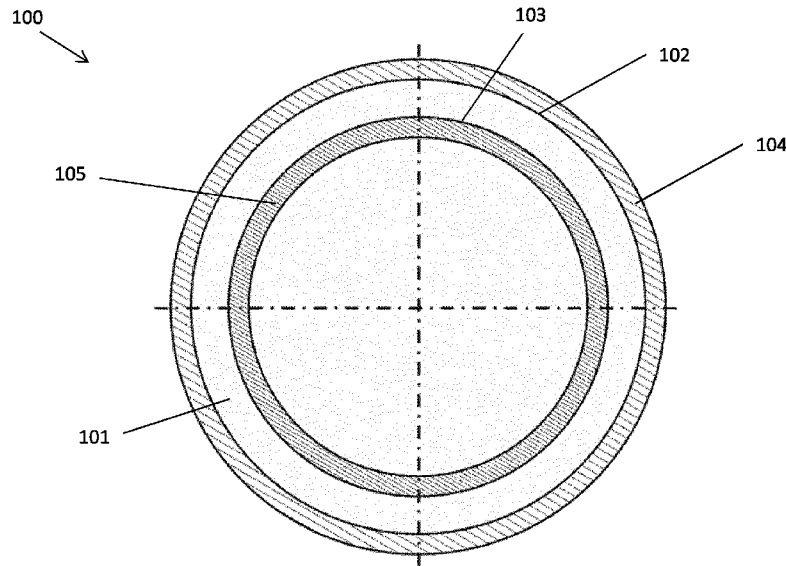


Fig.1

(57) **Abstract:** The invention relates to a device (10) for processing materials, in particular mineral materials, comprising two electromagnetic excitation systems (18, 20; 46, 48, 54, 56) for respectively generating an electromagnetic field and a chamber (12, 50, 58) arranged between the electromagnetic excitation systems (18, 20; 46, 48, 54, 56) for receiving material to be processed, wherein the chamber (12, 50, 58) is arranged in such a way that an electromagnetic field can be generated within the chamber (12, 50, 58) by means of the electromagnetic excitation systems (18, 20; 46, 48, 54, 56), wherein the chamber (12, 50, 58) is surrounded at least partially by a magnetic system (32-38, 42; 60 - 72) for generating an additional magnetic field within the chamber (12, 50, 58). The invention also relates to a method for operating a device (10) for processing materials, in particular mineral materials, comprising the generating of



WO 2019/193045 A1

ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

an electromagnetic field in a chamber (12, 50, 58) for receiving material to be processed, wherein the chamber (12, 50, 58) is arranged between two electromagnetic excitation systems (18, 20; 46, 48, 54, 56) and the electromagnetic field is generated by means of the electromagnetic excitation systems (18, 20; 46, 48, 54, 56), and the generating of a further electromagnetic field within the chamber (12, 50, 58) by means of a magnetic system (32- 38, 42; 60 - 72) at least partially surrounding the chamber (12, 50, 58).

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung (10) zum Bearbeiten von Materialien, insbesondere mineralischen Materialien, aufweisend zwei elektromagnetische Erregersysteme (18, 20; 46, 48, 54, 56) zum jeweiligen Erzeugen eines elektromagnetischen Feldes und eine zwischen den elektromagnetischen Erregersystemen (18, 20; 46, 48, 54, 56) angeordnete Kammer (12, 50, 58) zur Aufnahme von zu bearbeitendem Material, wobei die Kammer (12, 50, 58) derart angeordnet ist, dass innerhalb der Kammer (12, 50, 58) mittels der elektromagnetischen Erregersysteme (18, 20; 46, 48, 54, 56) ein elektromagnetisches Feld erzeugbar ist, wobei die Kammer (12, 50, 58) zumindest teilweise von einem Magnetsystem (32-38, 42; 60 - 72) zum Erzeugen eines zusätzlichen Magnetfeldes innerhalb der Kammer (12, 50, 58) umgeben ist. Die vorliegende Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Betreiben einer Vorrichtung (10) zum Bearbeiten von Materialien, insbesondere mineralischen Materialien, aufweisend Erzeugen eines elektromagnetischen Feldes in einer Kammer (12, 50, 58) zur Aufnahme von zu bearbeitendem Material, wobei die Kammer (12, 50, 58) zwischen zwei elektromagnetischen Erregersystemen (18, 20; 46, 48, 54, 56) angeordnet ist und das elektromagnetische Feld mittels der elektromagnetischen Erregersysteme (18, 20, 46, 48, 54, 56) erzeugt wird, und Erzeugen eines weiteren elektromagnetischen Feldes innerhalb der Kammer (12, 50, 58) mittels eines die Kammer (12, 50, 58) zumindest teilweise umgebenden Magnetsystems (32- 38, 42; 60 - 72).

Vorrichtung und Verfahren zum Bearbeiten von Materialien

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zum Bearbeiten von Materialien, insbesondere mineralische Materialien.

5

Zur Bearbeitung von Materialien, insbesondere zum Zerkleinern, Desagglomerieren, Dispergieren und Mischen von Schüttgut, insbesondere mineralische Materialien, werden beispielsweise elektromechanische Bearbeitungsvorrichtungen verwendet. Aus der DE 41 13 490 A1 ist eine solche elektromechanische Bearbeitungsvorrichtung bekannt.

10

Fig. 1 zeigt ebenfalls eine bekannte Vorrichtung 100 zum Zerkleinern, Desagglomerieren, Dispergieren und Mischen von Schüttgut, insbesondere mineralische Materialien gemäß dem Stand der Technik. Die Vorrichtung 100 umfasst eine Kammer 101 zur Aufnahme des zu zerkleinernden Materials. Die Kammer weist die Gestalt eines Hohlzylinders mit einem ringförmigen Querschnitt auf und ist zwischen zwei zylinderförmigen, koaxialen Rohren 102, 103 ausgebildet. Das äußere Rohr 102 weist einen größeren Querschnitt als das innere Rohr 103 auf und ist an der radial nach außen weisenden Fläche umfangsmäßig von einem ersten elektromagnetischen Erregersystem 104 umgeben. Das innere Rohr 103 ist an der radial nach innen weisenden Fläche von einem zweiten elektromagnetischen Erregersystem 105 umgeben.

15

Die elektromagnetischen Erregersysteme 104, 105 umfassen jeweils ein Blechpaket, aus Einzelblechen mit Erregerwicklungen. Die Erregerwicklungen werden von einem Drehstromnetz gespeist, sodass diese ein sich zeitlich änderndes elektromagnetisches Feld erzeugen, das die Kammer in radialer Richtung durchsetzt und entlang der Blechpakete tangential, insbesondere entlang des Querschnitts der Kammer 101 verläuft. Die Rohre 102, 103 bestehen aus einem nicht ferromagnetischen Werkstoff. Die Kammer 101 weist einen in Fig. 1 nicht dargestellten Einlass zum Einlassen von zu zerkleinerndem Material und einen Auslass zum Auslassen von zerkleinertem Material auf. Innerhalb der Kammer 101 ist eine Mehrzahl von freibeweglichen, magnetischen Arbeitskörpern vorgesehen.

20

Im Betrieb der Vorrichtung 100 wird das zu bearbeitende Material über den Einlass in die Kammer 101 geleitet, wobei sich innerhalb der Kammer 101 die Arbeitskörper entlang des elektromagnetischen Feldes, insbesondere chaotisch auf endlosen Bahnen mit im zeitlichen Mittel konstanter Geschwindigkeit, bewegen. Das zu bearbeitende Material wird von unten in die Kammer 101 eingeführt und strömt in axialer Richtung durch die Kammer. Dabei wird das zu bearbeitende Material mittels der Arbeitskörper in Umfangsrichtung der Kammer abgelenkt und

35

bewegt sich somit in etwa spiralförmig in axialer und in umfangsmäßiger Richtung. Der Kontakt des zu bearbeitenden Materials mit den Arbeitskörpern erzeugt eine Scher-, Druck-, Prall- und/oder Schlagbeanspruchung, die für eine Zerkleinerung, Desagglomeration, Dispersion oder ein Mischen des Materials sorgt. An dem oberen Bereich der Kammer 101 wird das bearbeitete
5 Material über den Auslass aus der Kammer abgeführt.

Nachteilig bei der beschriebenen Vorrichtung ist, dass die Arbeitskörper beispielsweise schwerkraftbedingt in axialer Richtung nach unten aus der Kammer austreten oder sich im unteren Bereich der Kammer anlagern und eine Bewegung der Arbeitskörper erschwert oder
10 verhindert wird. Dies verringert, insbesondere im unteren Bereich der Kammer eine effiziente Materialbearbeitung und sorgt außerdem für eine ungleichmäßige Bearbeitung des Materials innerhalb der Kammer.

Davon ausgehend ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur Bearbeitung
15 von Material, vorzugsweise Zerkleinern, Desagglomerieren, Dispergieren und Mischen von Schüttgut, insbesondere mineralische Materialien, anzugeben, die eine gleichmäßige Verteilung der Arbeitskörper innerhalb der Kammer ermöglicht und so eine effizientere Bearbeitung des Materials erreicht wird.

20 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des unabhängigen Vorrichtungsanspruchs 1 und mit den Merkmalen des unabhängigen Verfahrensanspruchs 15 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

25 Eine Vorrichtung zum Bearbeiten von Materialien, insbesondere mineralischen Materialien, umfasst nach einem ersten Aspekt zwei elektromagnetische Erregersysteme zum jeweiligen Erzeugen eines elektromagnetischen Feldes und eine zwischen den elektromagnetischen Erregersystemen angeordnete Kammer zur Aufnahme von zu bearbeitendem Material, wobei die Kammer derart
30 angeordnet ist, dass innerhalb der Kammer mittels der elektromagnetischen Erregersysteme ein elektromagnetisches Feld, das in der Kammer vorzugsweise radiale und azimutale Flussdichtegradienten aufweist, erzeugbar ist, wobei die Kammer zumindest teilweise von einem Magnetsystem zum Erzeugen eines zusätzlichen Magnetfeldes innerhalb der Kammer umgeben ist, das vorzugsweise axial in die Kammer hineingerichtete Flussdichte-gradienten aufweist.

Vorzugsweise dient die Vorrichtung zur Bearbeitung von Material, vorzugsweise Zerkleinern, Desagglomerieren, Dispergieren und Mischen von Schüttgut, insbesondere mineralische Materialien, wie Kalkstein, Zementklinker, zementhaltige Stoffe, Schlacke, oder auch Erze.

5 Die zwischen den elektromagnetischen Erregersystemen angeordnete Kammer weist insbesondere zwei zylinderförmige, koaxiale Rohre auf, die die Kammer begrenzen. Die Rohre sind vorzugsweise aus nicht-ferromagnetischen Materialien, wie austenitischer Edelstahl (z.B. 1.4301, 1.4404, 1.4429, 1.4435, 1.4567) und/oder Keramik (z.B. Al_2O_3 , stabilisiertes ZrO_2 , SiC , Si_3N_4) und/ oder hochfester Kunststoff (z.B. PA 12, PTFE, PEEK, PUR) ausgebildet. Die Kammern sind Ringspalte, die jeweils von zwei elektromagnetischen Erregersystemen umgeben sind, wobei ein elektromagnetisches Erregersystem an der radial nach innen weisenden Seite der Kammer und ein elektromagnetisches Erregersystem an der radial nach außen weisenden Kammer angeordnet ist. Die elektromagnetischen Erregersysteme sind vorzugsweise kreisringförmig ausgebildet und konzentrisch zueinander und der Kammer angeordnet.

15 Innerhalb der Kammer ist vorzugsweise eine Mehrzahl von ferromagnetischen Arbeitskörpern zur Bearbeitung des Materials freibeweglich angeordnet. Die Arbeitskörper sind beispielsweise kugelförmig ausgebildet oder besitzen einen kreisförmigen oder elliptischen Querschnitt. Die Arbeitskörper sind insbesondere aus einem ferromagnetischen Material mit einer hohen Verschleißfestigkeit verglichen mit dem zu bearbeitendem Material ausgebildet. Vorzugsweise sind die Arbeitskörper aus einem hartmagnetischen Material mit einer Koerzitivfeldstärke von mindestens 100 kA/m und einer Remanenz von mindestens 100 mT, wie beispielsweise $\text{MeFe}_{12}\text{O}_{19}$ mit $\text{Me} = \text{Sr}, \text{Ba}, \text{Ca}$ und/ oder Seltenerdmaterialien aus den Stoffsystemen Nb-Fe-B, Pr-Fe-B oder Sm-Co und/ oder AlNiCo-Werkstoff und/ oder FeCrCo, PtCo und MnAlC-Legierungen ausgebildet und weisen eine Größe von etwa 0,1 bis 10 mm auf, deren Gattierung vorzugsweise auf die Aufgabe- und Zielgröße des zu bearbeitenden Materials abgestimmt ist.

Jedes der die Kammer umgebenden elektromagnetischen Erregersysteme weist vorzugsweise jeweils eine Mehrzahl von Erregereinheiten auf, die jeweils eine Mehrzahl von Wicklungen, insbesondere aus zusammengeschalteten Einzelspulen, umfassen. Bei einer Erregereinheit handelt es sich vorzugsweise um einen Metallkern, insbesondere ein laminiertes Blechpaket (aus Einzelblechen zusammengesetzt), das eine Mehrzahl von Nuten aufweist, wobei in jeder Nut eine ein oder mehrere Spulen angebracht sind. Beispielsweise weisen die Erregersysteme eines Materialbearbeitungssystems die gleiche Anzahl von Erregereinheiten auf. Die Erregersysteme sind vorzugsweise stationär angeordnet und vorzugsweise jeweils kreisringförmig ausgebildet.

Das Magnetsystem ist vorzugsweise zum Erzeugen eines zeitlich und örtlich variierenden Magnetfeldes ausgebildet. Beispielsweise handelt es sich bei dem Magnetsystem um ein weiteres elektromagnetisches Erregersystem, zusätzlich zu den zwei die Kammer umgebenden elektromagnetischen Erregersystemen. Das Magnetsystem erzeugt vorzugsweise ein Magnetfeld, das eine in axialer Richtung der Kammer weisende Magnetkraft aufweist. Die Kammer ist vorzugsweise umfangsmäßig vollständig von dem Magnetsystem umgeben, wobei das Magnetsystem beispielsweise an der Kammer, insbesondere der äußeren Wand der Kammer, anliegt. Beispielsweise ist das Magnetsystem in axialer Richtung neben dem äußeren elektromagnetischen Erregersystem angeordnet.

Ein Magnetsystem zusätzlich zu den elektromagnetischen Erregersystemen ermöglicht das Aufbringen einer weiteren Magnetkraft auf die Arbeitskörper, sodass ein Austreten der Arbeitskörper aus der Kammer verhindert und vorzugsweise eine gleichmäßige insbesondere axiale Verteilung der Arbeitskörper in der Kammer erreicht wird.

Gemäß einer ersten Ausführungsform umfasst das Magnetsystem eine Zylinderspule, insbesondere ein Solenoid, die koaxial zu der Kammer angeordnet ist. Insbesondere liegt die Zylinderspule an der Außenwand der Kammer an und umschließt die Kammer umfangsmäßig. Die Zylinderspule ist vorzugsweise mit einer frequenzvariablen Stromquelle verbunden. Das Magnetsystem besteht vorzugsweise ausschließlich aus der Zylinderspule und weist keinen Metallkern auf. Eine koaxial um die Kammer herum angeordnete Zylinderspule erzeugt ein Magnetfeld innerhalb der Kammer, das eine Magnetkraft auf die Arbeitskörper aufbringt, die in axialer Richtung der Kammer verläuft, sodass die Arbeitskörper mittels des Magnetsystems in axialer Richtung der Kammer bewegt werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Zylinderspule zumindest eine Windung auf. Vorzugsweise weist das Magnetsystem eine Mehrzahl von Windungen, beispielsweise zwei, drei, vier oder fünf Windungen auf. Es ist ebenfalls denkbar, dass das Magnetsystem genau eine Windung aufweist.

Die Kammer ist gemäß einer weiteren Ausführungsform von einer Mehrzahl von Magnetsystemen umgeben. Vorzugsweise ist die Kammer von zwei, vier oder fünf Magnetsystemen umfangsmäßig umschlossen. Die Magnetsysteme sind vorzugsweise in axialer Richtung der Kammer zueinander insbesondere gleichmäßig beabstandet angeordnet. Eine

Mehrzahl von Magnetsystemen ermöglicht das Aufbringen einer in axialer Richtung weisenden Magnetkraft auf die Arbeitskörper innerhalb der Kammer vorzugsweise über die gesamte Erstreckung der Kammer.

5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Magnetsystem an einem Bereich eines Einlasses zum Einlassen von zu bearbeitendem Material und/ oder an einem Bereich eines Auslasses zum Auslassen von Material aus der Kammer angeordnet. Vorzugsweise weist die Kammer an den axial nach außen weisenden Endbereichen einen Einlass oder einen Auslass auf, wobei der Einlass vorzugsweise an dem unteren Ende der Kammer und der Auslass an dem oberen Ende
10 der Kammer ist. Insbesondere weist sowohl der Einlass als auch der Auslass der Kammer jeweils ein Magnetsystem auf. Ein Magnetsystem an dem Einlass und/ oder dem Auslass ermöglicht ein gezieltes Leiten der Arbeitskörper in dem Bereich des Einlasses und/ oder des Auslasses, sodass ein Austreten aus der Kammer verhindert wird und ein Einlassen des Materials in die Kammer erleichtert wird oder bei mit Arbeitskörpern befüllter Kammer, ein kontrolliertes Austreten der
15 Arbeitskörper zum Einstellen des Füllgrades bzw. Wechsel der Arbeitskörper in der Kammer möglich wird.

Eine Mehrzahl von in axialer Richtung zueinander beabstandeten Magnetsystemen ist gemäß einer weiteren Ausführungsform entlang der Erstreckung der Kammer angeordnet. Vorzugsweise
20 sind die Magnetsysteme gleichmäßig zueinander beabstandet. Dadurch wird eine insbesondere gleichmäßige Verteilung der Arbeitskörper innerhalb der Kammer erreicht.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind zumindest zwei der Magnetsysteme derart ausgebildet und angeordnet sind, dass sie einander entgegengesetzt ausgerichtete Magnetfelder
25 erzeugen. Vorzugsweise weisen ein an einem Einlass in die Kammer angeordnetes Magnetsystem und ein an einem Auslass angeordnetes Magnetsystem entgegengesetzte Magnetfelder auf, wobei die Magnetfelder jeweils eine in axialer Richtung einwärts in die Kammer weisende Magnetkraft aufweisen. Dadurch wird ein Austritt der Arbeitskörper aus der Kammer durch den Einlass und den Auslass verhindert. Das Magnetsystem ist gemäß einer weiteren
30 Ausführungsform derart ausgebildet und angeordnet ist, dass es ein Magnetfeld erzeugt, das eine in der Kammer in axialer Richtung nach innen weisende Magnetkraft erzeugt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Magnetsystem zumindest teilweise in zumindest einem der elektromagnetischen Erregersysteme angeordnet. Insbesondere ist das
35 Magnetsystem in dem Metallkern, vorzugsweise in Aussparungen in dem Metallkern des insbesondere an der radial nach außen weisenden Kammerseite angeordneten

elektromagnetischen Erregersystems angeordnet, die vorzugsweise als azimutale Nuten an der Innenfläche dieses Erregersystems ausgebildet sind. Dies ermöglicht eine kompakte Bauweise der Verrichtung. Das Magnetsystem ist vorzugsweise gegen den Metallkern des elektromagnetischen Erregersystems elektrisch isoliert, sodass das von dem Magnetsystem erzeugte Magnetfeld nicht in den Metallkern des elektromagnetischen Erregersystems gelangt und umgekehrt und vorzugsweise unterschiedliche elektrische Potentiale besitzt.

Das Magnetsystem umschließt gemäß einer weiteren Ausführungsform die elektromagnetischen Erregersysteme. Vorzugsweise ist das Magnetsystem um das äußere elektromagnetische Erregersystem angeordnet und an diesem angebracht. Insbesondere ist das Magnetsystem an den Enden des Metallkerns des äußeren Erregersystems angebracht.

Die Vorrichtung weist gemäß einer weiteren Ausführungsform eine Mehrzahl von Magnetsystemen auf, die koaxial zueinander und zu der Kammer angeordnet sind. Vorzugsweise sind die Magnetsysteme derart ausgebildet, dass sie ein Magnetfeld erzeugen, das auf die Arbeitskörper eine in axialer Richtung der Kammer nach innen weisende Magnetkraft ausübt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform bilden die zwei elektromagnetischen Erregersysteme und die zwischen diesen angeordnete Kammer ein erstes Materialbearbeitungssystem, wobei die Vorrichtung ein zweites Materialbearbeitungssystem aufweist, das konzentrisch zu dem ersten Materialbearbeitungssystem angeordnet ist.

Das zweite Materialbearbeitungssystem weist vorzugsweise die gleichen Elemente wie das erste Materialbearbeitungssystem auf und umfasst zwei elektromagnetische Erregersysteme zum jeweiligen Erzeugen eines elektromagnetischen Feldes und eine zwischen den elektromagnetischen Erregersystemen angeordnete Kammer zur Aufnahme von zu bearbeitendem Material, wobei die Kammer derart angeordnet ist, dass innerhalb der Kammer mittels der elektromagnetischen Erregersysteme ein elektromagnetisches Feld erzeugbar ist. Die Vorrichtung zum Bearbeiten von Material umfasst daher eine erste und eine zweite Kammer, sowie vier elektromagnetische Erregersysteme. Das erste und das zweite Materialbearbeitungssystem sind vorzugsweise in einer Ebene angeordnet. Insbesondere sind die Materialbearbeitungssysteme derart miteinander verbunden, dass Material von dem ersten Materialbearbeitungssystem in das zweite Materialbearbeitungssystem transportierbar ist.

Die konzentrische Anordnung eines zweiten Materialbearbeitungssystems zu dem ersten Materialbearbeitungssystem ermöglicht eine insbesondere platzsparende und kompakte

Vergrößerung des Materialdurchsatzes und des Arbeitsvolumens der Vorrichtung zur Bearbeitung von Material.

5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Vorrichtung ein drittes Materialbearbeitungssystem auf, das konzentrisch zu dem ersten und dem zweiten Materialbearbeitungssystem angeordnet ist.

10 Das dritte Materialbearbeitungssystem weist vorzugsweise die gleichen Elemente wie das erste und das zweite Materialbearbeitungssystem auf und umfasst zwei elektromagnetische Erregersysteme zum jeweiligen Erzeugen eines elektromagnetischen Feldes und eine zwischen den elektromagnetischen Erregersystemen angeordnete Kammer zur Aufnahme von zu bearbeitendem Material, wobei die Kammer derart angeordnet ist, dass innerhalb der Kammer mittels der elektromagnetischen Erregersysteme ein elektromagnetisches Feld erzeugbar ist. Eine Vorrichtung mit drei Materialbearbeitungssystemen weist daher sechs elektromagnetische
15 Erregersysteme und drei zwischen jeweils zwei elektromagnetischen Erregersystemen angeordnete Kammern zur Aufnahme von Material auf. Beispielsweise sind die Materialbearbeitungssysteme rechteckig, quadratisch oder als Vieleck oder vorzugsweise rotationssymmetrisch ausgebildet.

20 Vorzugsweise sind die elektromagnetischen Erregersysteme eines Materialbearbeitungssystems derart ausgebildet und angeordnet, dass sie lediglich in der Kammer des jeweiligen Materialbearbeitungssystems ein elektromagnetisches Feld erzeugen. Insbesondere erzeugen die elektromagnetischen Erregersysteme des ersten Materialbearbeitungssystems ausschließlich in der Kammer des ersten Materialbearbeitungssystems ein elektromagnetisches Feld.
25 Insbesondere weisen die Materialbearbeitungssysteme jeweils einen Einlass zum Einlassen von Material und jeweils einen Auslass zum Auslassen von Material aus der jeweiligen Kammer auf.

Die Materialbearbeitungssysteme werden beispielsweise in Reihe oder parallel zueinander angeordnet und bilden eine Vorrichtung zur Bearbeitung von Material mit einem deutlich
30 größeren Bearbeitungsvolumen, wobei der äußere Durchmesser der Vorrichtung unverändert bleibt.

Die Materialbearbeitungssysteme sind vorzugsweise kreisringförmig ausgebildet, wobei das zweite Materialbearbeitungssystem von dem ersten Materialbearbeitungssystem umgeben ist.
35 Beispielsweise ist das dritte Materialbearbeitungssystem von dem ersten und dem zweiten

Materialbearbeitungssystem umgeben. Das zweite Materialbearbeitungssystem ist vorzugsweise vollständig von dem ersten Materialbearbeitungssystem umschlossen. Beispielsweise liegen die Materialbearbeitungssysteme aneinander an, wobei das äußere und das innere elektromagnetische Erregersystem zweier aneinander liegender Materialbearbeitungssysteme miteinander beispielsweise fest verbunden oder sogar einstückig ausgebildet sind. Vorzugsweise sind die elektromagnetischen Erregersysteme derart angeordnet und ausgebildet, dass sie in der Kammer ein elektromagnetisches Feld erzeugen, das beispielsweise zumindest bereichsweise oder vollständig in Umfangsrichtung der Kammer und bereichsweise in radialer Richtung durch die Kammer verläuft.

Die elektromagnetischen Erregersysteme eines Materialbearbeitungssystems sind vorzugsweise jeweils mit einer frequenzvariablen Stromquelle verbunden, wobei die Phasenzahl der Stromquellen der Anzahl der Stränge der Erregerwicklungen der elektromagnetischen Erregersysteme entspricht. Vorzugsweise sind die Erregerwicklungen mit einer Strang- und Phasenzahl von drei auszuführen.

Insbesondere weisen die elektromagnetischen Erregersysteme eines Materialbearbeitungssystems jeweils die gleiche Polzahl auf. Die elektromagnetischen Erregersysteme des ersten Materialbearbeitungssystems weisen gemäß einer weiten Ausführungsform eine höhere Polzahl auf als die elektromagnetischen Erregersysteme des zweiten Materialbearbeitungssystems. Die elektromagnetischen Erregersysteme des zweiten Materialbearbeitungssystems weisen vorzugsweise eine höhere Polzahl auf als die elektromagnetischen Erregersysteme des dritten Materialbearbeitungssystems. Die elektromagnetischen Erregersystempaare weisen von innen nach außen betrachtet insbesondere jeweils eine Polzahl von 4, 8 oder 16 auf. Vorzugsweise weisen die elektromagnetischen Erregersysteme des ersten, äußersten Materialbearbeitungssystems eine Polzahl ($2p$) von 16 auf, wobei die elektromagnetischen Erregersysteme des zweiten, radial einwärts des ersten Materialbearbeitungssystems eine Polzahl von 8 und die elektromagnetischen Erregersysteme des dritten, innersten Materialbearbeitungssystems eine Polzahl von 4 aufweisen.

Vorzugsweise sind die Materialbearbeitungssysteme in Transportrichtung des zu bearbeitenden Materials parallel zueinander angeordnet sind. Jedes Materialbearbeitungssystem weist vorzugsweise einen Einlass zum Einlassen von Material in die jeweilige Kammer des Materialbearbeitungssystems auf. Eine parallele Anordnung der Materialbearbeitungssysteme zueinander ermöglicht eine Vergrößerung des Arbeitsvolumens und somit einen höheren

Materialdurchsatz durch die Vorrichtung zur Bearbeitung von Materialien. Vorzugsweise weist jede der Kammern einen Boden auf, der aus einem luftdurchlässigen Material ausgebildet ist, sodass Luft durch den Boden in die Kammer strömen kann, aber das zu bearbeitende Material und die Arbeitskörper nicht durch den Boden die Kammer verlassen kann.

5

Die Kammer des ersten Materialbearbeitungssystems weist beispielsweise eine geringere Breite als die Kammer des zweiten Materialbearbeitungssystems auf. Insbesondere bei zueinander in Reihe geschalteten Kammern ermöglicht eine breitere Kammer des zweiten Materialbearbeitungssystems eine Anpassung des Volumens der Kammer des zweiten Materialbearbeitungssystems an das Volumen der Kammer des ersten Materialbearbeitungssystems. Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Kammer des zweiten Materialbearbeitungssystems eine geringere Breite als die Kammer des dritten Materialbearbeitungssystems auf. Bevorzugte Breiten der Kammern liegen im Bereich 10 bis 100 mm. Insbesondere weisen die Materialbearbeitungssysteme einen gemeinsamen Auslass zum Auslassen des Materials aus der Vorrichtung auf. Jeder der Kammern ist beispielsweise mit einer jeweiligen Auslassleitung verbunden, die in Richtung des Auslasses konisch zulaufend ausgebildet ist.

Die Kammern stehen insbesondere miteinander in Fluidverbindung, sodass Material von zumindest einer der Kammern in eine andere der Kammern transportierbar ist. Insbesondere sind die Kammern zueinander in Strömungsrichtung des Materials in Reihe angeordnet.

Jedes Materialbearbeitungssystem weist zumindest ein Magnetsystem auf. Vorzugsweise weist jedes Materialbearbeitungssystem eine Mehrzahl von Magnetsystemen auf. Die Magnetsysteme der jeweiligen Materialbearbeitungssysteme sind in den Materialbearbeitungssystemen vorzugsweise wie voran beschrieben angeordnet.

Die Erfindung umfasst des Weiteren ein Verfahren zum Betreiben einer Vorrichtung zum Bearbeiten von Materialien, insbesondere mineralischen Materialien, aufweisend Erzeugen eines elektromagnetischen Feldes in einer Kammer zur Aufnahme von zu bearbeitendem Material, wobei die Kammer zwischen zwei elektromagnetischen Erregersystemen angeordnet ist und das elektromagnetische Feld mittels der elektromagnetischen Erregersysteme erzeugt wird, und Erzeugen eines weiteren elektromagnetischen Feldes innerhalb der Kammer mittels eines die Kammer zumindest teilweise umgebenden Magnetsystems.

Die mit Bezug auf die Vorrichtung beschriebenen Ausgestaltungen und Vorteile treffen in verfahrensmäßiger Entsprechung auch auf das Verfahren zum Bearbeiten von Materialien zu.

- 5 Gemäß einer Ausführungsform wird das magnetische Feld mittels des Magnetsystems derart ausgebildet, dass die Magnetkraft auf die Arbeitskörper innerhalb der Kammer in axialer Richtung nach innen weist.

Beschreibung der Zeichnungen

10 Die Erfindung ist nachfolgend anhand mehrerer Ausführungsbeispiele mit Bezug auf die beiliegenden Figuren näher erläutert.

15 Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Bearbeiten, insbesondere Zerkleinern, Desagglomerieren, Dispergieren und Mischen von Schüttgut in einer Schnittansicht gemäß dem Stand der Technik.

20 Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Bearbeiten von Materialien in einer Längsschnittdarstellung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

25 Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Bearbeiten von Materialien in einer Längsschnittdarstellung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Bearbeiten von Materialien in einer Längsschnittdarstellung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

30 Fig. 5 zeigt einen Ausschnitt einer schematischen Darstellung einer Kammer für eine Vorrichtung zum Bearbeiten von Materialien in einer Längsschnittdarstellung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 6 zeigt einen Ausschnitt einer schematischen Darstellung einer Vorrichtung zum Bearbeiten von Materialien in einer Querschnittsdarstellung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

5 Fig. 7 zeigt einen Ausschnitt einer schematischen Darstellung einer Vorrichtung zum Bearbeiten von Materialien in einer Längsschnittsdarstellung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

10 Fig. 2 zeigt eine Vorrichtung 10 zum Bearbeiten von Material mit einer Kammer 12 zur Aufnahme von zu bearbeitendem Material. Die Kammer 12 ist hohlzylinderförmig mit einem kreisringförmigen Querschnitt ausgebildet und wird von zwei konzentrischen zylinderförmigen Rohren 14, 16 begrenzt. Das radial äußere Rohr 14 der Kammer 12 weist einen größeren Durchmesser als das innere Rohr 16 auf, wobei um die radial nach außen weisende Fläche des
15 äußeren Rohrs 14 umfangsmäßig ein erstes elektromagnetisches Erregersystem 18 angeordnet ist. Die Rohre 14, 16 sind aus einem nicht ferromagnetischen Material, wie beispielsweise nicht magnetisierbarer Edelstahl, ausgebildet. Um die radial nach innen weisende Fläche des inneren Rohres 16 ist umfangsmäßig ein zweites elektromagnetisches Erregersystem 20 angeordnet. Die elektromagnetischen Erregersysteme 18, 20 sind coaxial zueinander angeordnet und
20 beispielsweise rotationssymmetrisch ausgebildet. Das elektromagnetische Erregersystem 18, 20 liegt vorzugsweise unmittelbar an dem jeweiligen Rohr 14, 16 an. Die elektromagnetischen Erregersysteme 18, 20 weisen vorzugsweise die gleiche Polzahl von beispielsweise sechzehn auf und sind gegenüberliegend angeordnet, sodass die Kammer 12 zwischen den Erregersystemen 18, 20 ausgebildet ist. Die Erregersysteme 18, 20 sind derart angeordnet und ausgebildet, dass
25 sie innerhalb der Kammer 12 ein elektromagnetisches Feld erzeugen. Bei dem elektromagnetischen Feld handelt es sich insbesondere um ein sich zeitlich und/ oder örtlich änderndes elektromagnetisches Feld. Vorzugsweise verläuft das elektromagnetische Feld zumindest teilweise in Umfangsrichtung und zumindest teilweise in radialer Richtung innerhalb der Kammer 12. Die Kammer 12 und die die Kammer 12 umgebenden elektromagnetischen
30 Erregersysteme 18, 20 bilden zusammen ein Materialbearbeitungssystem 22, das vorzugsweise hohlzylinderförmig ausgebildet ist.

Innerhalb des Materialbearbeitungssystems 22 ist beispielhaft eine Kühleinrichtung 40 angeordnet, die vorzugsweise die elektromagnetischen Erregersysteme kühlt. Die
35 Kühleinrichtung 40 ist coaxial zu dem Materialbearbeitungssystem 22 angeordnet und

insbesondere an der Innenseite des zweiten elektromagnetischen Erregersystems 20 anliegend angeordnet.

Die elektromagnetischen Erregersysteme 18, 20 umfassen beispielsweise jeweils eine Mehrzahl von Erregereinheiten, die jeweils aus Metallkernen 24, 26, insbesondere laminierten Blechpaketen mit Erregerwicklungen 28, 30 gebildet sind. Die Erregerwicklungen 28, 30 sind vorzugsweise aus zusammenschalteten Spulen ausgebildet, deren Spulenseiten in Nuten verteilt in den Metallkernen 24, 26 angeordnet sind. Beispielfhaft erzeugen in dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 die Erregerwicklungen 28, 30 ein 16-poliges Magnetfeld. Dazu ist in den dazugehörigen Metallkernen 24, 26 bei dreiphasiger Stromspeisung eine minimale Nutzahl von beispielsweise 48 realisiert. Bei Verwendung höherer Loch- und/oder Strangzahlen sind entsprechende Vielfache der minimalen Nutzahl erforderlich, da gilt:

$$N = 2p \cdot m \cdot q ,$$

wobei $2p$ die Polzahl, m die Phasen-/ bzw. Strangzahl und q die Lochzahl der Erregerwicklungen bezeichnen. In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 wird das beispielsweise 16-polige Magnetfeld des ersten und zweiten Erregersystems 18, 20 mit dreisträngigen Erregerwicklungen 28, 30 mit je einer Lochzahl von $q=4$ erzeugt. Dazu besitzen die Metallkerne 24, 26 des ersten und zweiten Erregersystems 18, 20 beispielhaft je 192 Nuten.

Die Bleche für die Herstellung der Metallkerne 24, 26 sind insbesondere ab Durchmesser von 0,5 m des ersten (äußeren) elektromagnetischen Erregersystems 18 unter Beachtung der Polteilungen vorzugsweise segmentiert anzufertigen, dann zusammenzufügen und abschließend mit den Erregerwicklungen (28, 30) auszustatten.

Innerhalb der Kammer 12 ist eine Mehrzahl von Arbeitskörpern angeordnet, die innerhalb der Kammer 12 frei beweglich sind und aus einem verschleißfesten, hartmagnetischen Material, wie beispielsweise aus Strontiumhexaferrit ausgebildet sind. Die Arbeitskörper sind vorzugsweise kugelförmig ausgebildet. Die Größe der Arbeitskörper innerhalb einer Kammer 12 ist vorzugsweise in etwa gleich oder kann variieren. Der Füllgrad der Kammer 12 mit Arbeitskörpern und die Größe der Arbeitskörper wird vorzugsweise in Abhängigkeit des zu bearbeitenden Materials und der Art der Bearbeitung gewählt.

Die in Fig. 2 dargestellte Vorrichtung 10 weist des Weiteren ein Magnetsystem 32 auf. Das Magnetsystem 32 ist beispielhaft unterhalb des ersten und des zweiten elektromagnetischen Erregersystems 18, 20 angeordnet und beispielsweise an diesen befestigt. Der untere,

5 bodenseitige Bereich der Kammer 12 ist von dem Magnetsystem 32 umschlossen. Das Magnetsystem 32 ist beispielsweise eine Zylinderspule, insbesondere ein Solenoid, die zwei Windungen aufweist, welche koaxial um die Kammer 12 angeordnet sind. Der innere Durchmesser des Magnetsystems 32, insbesondere der Zylinderspule, ist beispielhaft in etwa
10 gleich dem äußeren Durchmesser der Erregerwicklung 28, sodass das Magnetsystem 32 um die Erregerwicklungen 28 des ersten elektromagnetischen Erregersystem 18 herum angeordnet ist und an diesem vorzugsweise anliegt. Beispielhaft ist das Magnetsystem 32 an der in axialer Richtung nach unten weisenden Seite des Blechs des Blechpakets 24 des ersten elektromagnetischen Erregersystems 18 angebracht. Das Magnetsystem 32 des
15 Ausführungsbeispiels der Fig. 2 ist aus einer stromdurchflossenen eisenlosen Spule aus zwei Windungen gebildet. Vorzugsweise wird das Magnetsystem 32 mit Wechselstrom durchströmt, sodass ein sich zeitlich und örtlich änderndes Magnetfeld 39 erzeugt wird. Das mittels des Magnetsystems 32 erzeugte Magnetfeld 39 weist eine auf die Arbeitskörper wirkende Magnetkraft auf, die in Richtung der magnetischen Vektorgradienten des Magnetfeldes weist.
20 Das Magnetsystem 32 ist insbesondere derart angeordnet und ausgebildet, dass die Magnetkraft zumindest teilweise in axialer Richtung der Kammer 12 nach innen, insbesondere nach oben entgegen der Gravitationskraft, weist. Vorzugsweise weist die Magnetkraft in das Innere der Kammer 12, sodass die Arbeitskörper mit einer Magnetkraft beaufschlagt werden, die in das Innere der Kammer 12 weist.

20 Fig. 3 weist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung 10 zum Bearbeiten von Material, die im Wesentlichen der mit Bezug auf Fig. 2 beschriebenen Vorrichtung 10 entspricht mit dem Unterschied, dass die Vorrichtung 10 der Fig. 3 ein erstes und ein zweites Magnetsystem 32, 34 aufweist. Jedes der Magnetsysteme 33, 34 der Fig. 3 weist jeweils eine Windung einer
25 Zylinderspule auf, die koaxial zueinander und zu der Kammer 12 angeordnet sind. Die Magnetsysteme 32, 34 weisen den gleichen Durchmesser auf und sind beispielsweise insgesamt identisch ausgebildet. Das erste Magnetsystem 33 weist die gleiche Position in der Vorrichtung 10 auf, wie das Magnetsystem 32 in dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2. Das zweite Magnetsystem 34 ist gegenüberliegend des ersten Magnetsystems 33 an der in axialer Richtung
30 nach oben weisenden Fläche des Blechs des Blechpakets 24 des ersten elektromagnetischen Erregersystems 18 angebracht. Die beiden Magnetsysteme 33, 34 weisen vorzugsweise einander entgegengesetzte Magnetfelder auf, wobei das Magnetfeld des ersten Magnetsystems 33 dem mit Bezug auf Fig. 2 beschriebenen Magnetfeld 32 entspricht. Das zweite Magnetsystem 34 ist vorzugsweise derart angeordnet und ausgebildet, dass die Magnetkraft zumindest
35 teilweise in axialer Richtung der Kammer 12 nach Innen weist. Vorzugsweise weist die

Magnetkraft in das Innere der Kammer 12, sodass die Arbeitskörper mit einer Magnetkraft beaufschlagt werden, die in das Innere der Kammer 12 weist. Das zweite Magnetsystem 34 wird vorzugsweise in zu dem ersten Magnetsystem 33 entgegengesetzter Richtung mit Strom durchflossen, sodass die mittels der Magnetsysteme 33, 34 ausgebildeten Magnetfelder
5 entgegengesetzt ausgerichtet sind.

Fig. 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung 10 zur Materialbearbeitung, die im Wesentlichen der Vorrichtung 10 der Fig. 2 und 3 entspricht. Im Unterschied zu der Fig. 2 und 3 sind fünf Magnetsysteme 35, 36, 37, 38, 42 vorgesehen, die jeweils eine Windung einer
10 Zylinderspule aufweisen und koaxial zueinander und der Kammer 12 angeordnet sind. Beispielfhaft sind die Magnetsystem 35, 36, 37, 38, 42 in axialer Richtung entlang der Erstreckung der Kammer 12 zueinander beabstandet, insbesondere gleichmäßig zueinander beabstandet angebracht. Vorzugsweise sind die Magnetsysteme 35, 36, 37, 38, 42 jeweils in
15 einer Nut azimuthal entlang des inneren Umfanges des Metallkerns 24 des ersten, äußeren elektromagnetischen Erregersystems 18 angeordnet. Vorzugsweise sind die Magnetsysteme 35, 36, 37, 38, 42 an der nach Innen in Richtung der Kammer weisenden Seite des Metallkerns 24 des äußeren elektromagnetischen Erregersystems 18 angeordnet. Im Unterschied zu dem in Fig.
2 und 3 dargestellten elektromagnetischen Erregersystem 18, weist das in Fig. 4 dargestellte elektromagnetische Erregersystem Bleche 26 auf, die in radialer Richtung nach innen weiter in
20 die Kammer 12 hineinragen, sodass die Ausbildung einer Mehrzahl von insbesondere azimuthalen Nuten und die Anordnung einer Magnetsystems 35, 36, 37, 38, 42 in jeweils einer Nut möglich ist. Das unterste Magnetsystem 35 ist am unteren Ende der Kammer 12 und vorzugsweise des Metallkerns 24 um die Kammer 12 herum angeordnet und derart ausgebildet, dass das Magnetfeld, wie mit Bezug auf Fig. 2 und 3 beschrieben ausgebildet ist und eine in axialer
25 Richtung einwärts weisende Magnetkraft auf die Arbeitskörper aufbringt. Das oberste Magnetsystem 36 ist am oberen Ende der vorzugsweise des Metallkerns um die Kammer 12 herum angeordnet und derart ausgebildet, dass das Magnetfeld, wie mit Bezug auf Fig. 2 und 3 beschrieben ausgebildet ist und eine in axialer Richtung einwärts, nach unten, weisende Magnetkraft auf die Arbeitskörper aufbringt. Die zwischen dem oberen und dem unteren
30 Magnetsystem 35, 36 angeordneten mittleren Magnetsysteme 37, 38, 42 weisen beispielhaft ein Magnetfeld auf, das eine in axialer Richtung nach oben weisende Magnetkraft auf die Arbeitskörper aufweist. Vorzugsweise werden das untere Magnetsystem 35 und die mittleren Magnetsysteme 37, 38, 42 in gleicher Richtung von Strom durchflossen, sodass das von diesen Magnetsystemen 35, 37, 38, 40 erzeugte Magnetfeld eine Magnetkraft auf die in der Kammer 12
35 befindlichen Arbeitskörper in gleicher Richtung aufbringt. Es ist ebenfalls denkbar, die

Magneteinrichtungen 35, 37, 36, 38, 42 mit einer voneinander unterschiedlichen Anzahl von Windungen auszustatten, sodass die Magnetfeldstärke der Magneteinrichtungen 35, 36, 37, 38, 42 voneinander variiert. Beispielsweise weist zumindest eine Magneteinrichtung eine Anzahl von stromdurchflossenen Windungen auf, die sich von der Anzahl der Windungen zumindest einer anderen Magneteinrichtung 35, 36, 37, 38, 42 unterscheidet.

Es ist ebenfalls denkbar, dass die Vorrichtung 10 der Fig. 4 mit einer unterschiedlichen Anzahl von Magnetsystemen auszuführen. Beispielsweise weist die Vorrichtung 10 vier Magnetsysteme 35, 36, 37, 38 auf, die ebenfalls gleichmäßig zueinander beabstandet sind und wobei die unteren drei Magnetsysteme 35, 38, 37 mit Drehstrom gespeist werden, sodass innerhalb der Kammer 12 ein Wanderfeld entsteht. Die Geschwindigkeit des Wanderfeldes beaufschlagt die innerhalb der Kammer 12 angeordneten Arbeitskörper mit einer zumindest teilweise oder vollständig in axialer Richtung nach innen weisenden Kraft, sodass die Arbeitskörper in das Innere der Kammer 12 geleitet werden. Das obere Magnetsystem 36 wird beispielsweise mit Wechselstrom betrieben und bildet ein Magnetfeld, wie mit Bezug auf Fig. 2 und 3 beschrieben ausgebildet ist, eine in axialer Richtung einwärts, nach unten, weisende Magnetkraft auf die Arbeitskörper aufbringt und somit ein Austritt von Arbeitskörpern aus der Kammer 12 verhindert. Die mit Drehstrom betriebenen Magnetsysteme 35, 37, 38 verhindern mit der in axialer Richtung nach innen weisenden Kraft ein Austreten der Arbeitskörper aus der Kammer 12 und ermöglichen eine vorzugsweise gleichmäßige, Verteilung der Arbeitskörper in axialer Richtung innerhalb der Kammer 12, sodass eine optimale Bearbeitung des Materials erreicht wird.

Weitere vorzugweisen Anzahlen der Magnetsysteme in Fig. 4 zur Ausbildung von axialen Magnetkräften auf Arbeitskörper in der Kammer 12 sind beispielsweise identisch der Phasenzahl oder ganzzahlige Vielfache des an die Magnetsysteme angeschlossenen mehrphasigen Strom- oder Spannungssysteme.

Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung 10, die im Wesentlichen der mit Bezug auf Fig. 2, 3 und 4 beschriebenen Vorrichtung entspricht und wobei die elektromagnetischen Erregersysteme der Einfachheit halber nicht dargestellt sind. In der in Fig. 5 dargestellten Vorrichtung 10 sind fünf Magnetsysteme 60, 62, 64, 66, 68 dargestellt, die ein wie mit Bezug auf Fig. 4 beschriebenes Magnetfeld erzeugen. Die Magnetsysteme 60, 62, 64, 66, 68 sind auf dem äußeren Rohr 14 der Kammer 12 angeordnet, hieran vorzugsweise elektrisch isoliert befestigt und ragen radial in die Kammer 12 hinein. Beispielsweise hat das äußere Rohr 14 der Kammer 12 in die Kammer 12 hineinragende Vorsprünge, in denen jeweils ein Magnetsystem 60, 62, 64, 66, 68 angeordnet ist. Die Magnetsysteme 60, 62, 64, 66, 68 sind vorzugsweise umfangsmäßig um das äußere Rohr 14 herum angeordnet, sodass sie durch die

Rohrwand 14 von der Kammer 12 getrennt sind. Dadurch wird eine Beanspruchung der Magnetsysteme 60, 62, 64, 66, 68 durch das zu bearbeitende Material und die Arbeitskörper vermieden und ein Verschleiß verhindert.

- 5 Die beschriebenen Ausführungsbeispiele der Vorrichtungen 10 weisen vorzugsweise einen oberhalb der Kammer 12 angeordneten Auslass zum Auslassen des Materials aus der Vorrichtung 10 auf. Im Anschluss an den Auslass wird das Material-Luftgemisch beispielweise eine Trenneinrichtung, wie einem Zyklon zugeführt, um das Material von dem Luftstrom zu trennen. Noch nicht ausreichend bearbeitetes Material wird der Vorrichtung 10 vorzugsweise
10 erneut zugeführt.

Unterhalb der Kammer 12 ist ein oder mehrere Einlässe zum Einlassen eines Luftstroms angeordnet. Beispielsweise wird an dem Auslass ein Unterdruck erzeugt, sodass Umgebungsluft durch die den Einlass in die Kammer 12 eingesogen wird. Es ist ebenfalls denkbar unterhalb der
15 Kammer 12 ein oder mehrere Gebläse vorzusehen, mittels welcher die Luft durch die Kammer 12 geblasen wird. Die Kammer 12 weist beispielweise einen Boden am unteren Ende der Kammer 12 auf, durch welchen die Umgebungsluft strömt. Der Boden ist vorzugsweise aus einem porösen Material oder einem Gewebe ausgebildet, sodass der Boden mit Luft durchströmbar ist, das zu bearbeitende Material aber nicht durch den Boden die Vorrichtung verlassen kann.

20 Im Betrieb der Vorrichtung 10 wird zu bearbeitendes Material aus beispielsweise einem Materialspeicher mittels einer Fördereinrichtung in die Kammer 12 transportiert. In der Kammer 12 strömt das Material durch den von unten in die Kammer 12 eintretenden Luftstrom in axialer Richtung der Kammer 12. Gleichzeitig wird das Material durch sich innerhalb der Kammer 12
25 bewegende Arbeitskörper beispielweise in Umfangsrichtung, axialer und/ oder radialer Richtung der Kammer 12 abgelenkt und bewegt sich daher vorzugsweise im Wesentlichen spiralförmig in Richtung des Auslasses. Die Arbeitskörper weisen ein magnetisches Material auf und werden mittels des sich zeitlich und/oder örtlich ändernden elektromagnetischen Feldes, das von den elektromagnetischen Erregersystem 18, 20 und den Magnetsystemen 32 und/ oder 33 und/
30 oder 34 und/ oder 35 und/ oder 36 und/ oder 37 und/ oder 38 und/ oder 42 und/ oder 36 und/ oder 60 und/ oder 62 und/ oder 64 und/ oder 66 und/ oder 68 und/ oder 70 erzeugt wird, innerhalb der Kammer 12 bewegt. Die Bewegung der Arbeitskörper innerhalb der Kammer 12 erfolgt insbesondere chaotisch und ist vorzugsweise an jedem Ort innerhalb der Kammer 12 verschieden. Dies resultiert zum einen aus dem sich zeitlich und/ oder örtlich ändernden
35 elektromagnetischen Feld, dem Zusammenstoßen mit anderen Arbeitskörpern und der Lage des

- Arbeitskörpers innerhalb der Kammer. Die Arbeitskörper prallen mit dem zu bearbeitenden Material zusammen und sorgen somit für eine Zerkleinerung, Desagglomeration, Dispersion und/oder ein Mischen des Materials. Die Arbeitskörper werden durch die aus dem elektromagnetischen Feld resultierende Kraft innerhalb der Kammer 12 gehalten und verlassen
5 diese nicht in Richtung des Auslasses oder des Einlasses. Vorzugsweise ist die aus dem elektromagnetischen Feld resultierende Kraft größer als die Schwerkraft, die magnetischen Anziehungskräfte zwischen den Arbeitskörpern und die durch den Luftdruck auf die Arbeitskörper ausgeübte Kraft, sodass die Arbeitskörper innerhalb der Kammer 12 verbleiben.
- 10 Die Magnetsysteme 32, 34, 36, 38, 42 erzeugen ein im Wesentlichen in axialer Richtung ins Innere der Kammer 12 weisendes Magnetfeld und verhindern somit ein Austreten der Arbeitskörper am unteren oder oberen Ende der Kammer 12. Das Austreten am unteren Ende der Kammer 12 wird hauptsächlich durch die Gravitationskraft erzeugt, wobei das Austreten aus dem oberen Ende durch die Schleppkraft der durch die Kammer strömenden Luft-
15 Materialströmung erzeugt wird. Die mittels der Magnetsysteme 32, 34, 36, 38, 42 erzeugten Magnetfelder sind derart ausgerichtet, dass die auf die Arbeitskörper wirkende Magnetkraft der am unteren Ende der Kammer 12 der Gravitationskraft und am oberen Ende der Kammer der Schleppkraft des Materialstroms entgegengesetzt ist.
- 20 Fig. 6 und 7 zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel der Vorrichtung zur Bearbeitung von Material mit einem ersten Materialbearbeitungssystem 22, das im Wesentlichen dem Materialbearbeitungssystem 22 der voran beschriebenen Figuren entspricht.
- Koaxial zu dem ersten Materialbearbeitungssystem 22 ist ein zweites
25 Materialbearbeitungssystem 44 angeordnet, das einen geringeren Durchmesser aufweist als das erste Materialbearbeitungssystem 22. Das zweite Materialbearbeitungssystem 44 weist die gleichen Komponenten wie das erste Materialbearbeitungssystem 22 auf und ist umfangsmäßig von dem ersten Materialbearbeitungssystem 22 umgeben. Die Vorrichtung weist eine zweite Kammer 50 und ein drittes und ein viertes elektromagnetisches Erregersystem 46, 48 auf, die
30 dem zweiten Materialbearbeitungssystem 44 zugeordnet sind. Wie mit Bezug auf das erste Materialbearbeitungssystem 22 beschrieben, ist auch in dem zweiten Materialbearbeitungssystem 44 die Kammer 50 zwischen zwei koaxialen zylinderförmigen Rohren ausgebildet und von diesem umgrenzt. Um die radial nach außen weisende Fläche des äußeren Rohrs ist umfangsmäßig das dritte elektromagnetische Erregersystem 46 angeordnet. Um die
35 radial nach innen weisende Fläche des inneren Rohres ist umfangsmäßig das vierte

elektromagnetische Erregersystem 48 angeordnet. Die elektromagnetischen Erregersysteme 46, 48 sind koaxial zueinander angeordnet und beispielsweise rotationssymmetrisch ausgebildet. Das dritte elektromagnetische Erregersystem 46 liegt vorzugsweise unmittelbar mit der radial nach innen weisenden Seite an dem äußeren Rohr der zweiten Kammer 50 an. Mit der radial nach außen weisenden Seite liegt das dritte elektromagnetische Erregersystem 46 an dem
5 zweiten elektromagnetischen Erregersystem 20 des ersten Materialbearbeitungssystem 22 an. Das dritte und das vierte elektromagnetische Erregersystem 46, 48 sind derart angeordnet und ausgebildet, dass sie in der zweiten Kammer 50 ein elektromagnetisches Feld erzeugen, das beispielsweise zumindest bereichsweise in Umfangsrichtung der zweiten Kammer 50 und
10 bereichsweise in radialer Richtung durch die zweite Kammer 50 verläuft. Das erste und das zweite elektromagnetische Erregersystem 18, 20 und das dritte und das vierte elektromagnetische Erregersystem 46 und 48 weisen vorzugsweise jeweils die gleichen Polzahlen auf, wobei aber die Polzahl der Erregersystemen 18, 20 größer als die Polzahl der Erregersysteme 46, 48 ist, und sie gegenüberliegend angeordnet sind.

15 Koaxial zu dem ersten und dem zweiten Materialbearbeitungssystem 22, 44 ist ein drittes Materialbearbeitungssystem 52 angeordnet, das einen geringeren Durchmesser aufweist als das erste und das zweite Materialbearbeitungssystem 22, 44. Das dritte Materialbearbeitungssystem 52 weist die gleichen Komponenten wie das erste und das zweite Materialbearbeitungssystem
20 22, 44 auf und ist umfangsmäßig von dem zweiten Materialbearbeitungssystem 44 umgeben. Die Vorrichtung 10 weist eine dritte Kammer 58 und ein fünftes und ein sechstes elektromagnetisches Erregersystem 54, 56 auf, die dem dritten Materialbearbeitungssystem 52 zugeordnet sind. Wie mit Bezug auf das erste und das zweite Materialbearbeitungssystem 22, 44 beschrieben, ist auch in dem dritten Materialbearbeitungssystem 52 die Kammer 58 zwischen
25 zwei koaxialen zylinderförmigen Rohren ausgebildet und von diesem umgrenzt. Um die radial nach außen weisende Fläche des äußeren Rohrs ist umfangsmäßig das fünfte elektromagnetische Erregersystem 54 angeordnet. Um die radial nach innen weisende Fläche des inneren Rohrs ist umfangsmäßig das sechste elektromagnetische Erregersystem 56 angeordnet. Die elektromagnetischen Erregersysteme 54, 56 sind koaxial zueinander angeordnet und
30 beispielsweise rotationssymmetrisch ausgebildet. Das fünfte elektromagnetische Erregersystem 54 liegt vorzugsweise unmittelbar mit der radial nach innen weisenden Seite an dem äußeren Rohr der dritten Kammer 58 an. Mit der radial nach außen weisenden Seite liegt das fünfte elektromagnetische Erregersystem 54 an dem vierten elektromagnetischen Erregersystem 48 des zweiten Materialbearbeitungssystem 44 an. Das fünfte und das sechste elektromagnetische
35 Erregersystem 54, 56 sind derart angeordnet und ausgebildet, dass sie in der dritten Kammer

58 ein elektromagnetisches Feld erzeugen, das beispielsweise zumindest bereichsweise in Umfangsrichtung der dritten Kammer 58 und bereichsweise in radialer Richtung durch die dritten Kammer 58 verläuft. Das fünfte und das sechste elektromagnetische Erregersystem 54, 56 weisen vorzugsweise die gleiche Polzahl auf, die aber kleiner als die Polzahl der Erregersysteme 46, 48 des zweiten Materialbearbeitungssystem 44 sind, und sind gegenüberliegend angeordnet.

Die Breite der Kammern 12, 50, 58 ist beispielsweise unterschiedlich. Die erste Kammer 12 weist den größten Durchmesser der drei Kammern 12, 50, 58 auf, wobei die dritte, innerste Kammer 58 den geringsten Durchmesser aufweist. Um eine gleichmäßige Materialbehandlung mit einer über die Kammern 12, 50, 58 in etwa gleichen Verweildauer des Materials innerhalb der Kammern 12, 50, 58 zu gewährleisten, weisen die Kammern 12, 50, 58 beispielsweise unterschiedliche Breiten auf. Die erste Kammer 12 weist vorzugsweise eine geringere Breite auf als die zweite und dritte Kammer 50, 58, wobei die dritte Kammer 58 eine größere Breite aufweist, als die erste und zweite Kammer 12, 50. Vorzugsweise ist die Breite der Kammern 12, 50, 58 etwa 10 – 100 mm, insbesondere 15 – 60mm, höchstvorzugsweise 20 – 50mm. Die Kammern 12, 50, 58 weisen insbesondere eine Breite auf, die eine homogene Ausbildung des Magnetfeldes innerhalb der Kammer verhindern und ein vollständiges Durchdringen des Magnetfelds durch die Kammern 12, 50, 58 ermöglicht. Die Arbeitskörper innerhalb der Kammern 12, 50, 58 sind beispielsweise kugelförmig ausgebildet und weisen einen Durchmesser von etwa 1 bis 5 mm, vorzugsweise 2 bis 3 mm für eine Aufgabegröße des zu bearbeitenden Materials von < 1 mm und eine Zielgröße des bearbeiteten Materials von < 100 μm auf. Die Größe der Arbeitskörper unterschiedlicher Kammern 12, 50, 58 kann variieren. Der Füllgrad der Kammern 12, 50, 58 mit Arbeitskörpern und die Größe der Arbeitskörper wird vorzugsweise in Abhängigkeit des zu bearbeitenden Materials und der Art der Bearbeitung gewählt.

Insbesondere erstrecken sich die Metallkerne 24, 26 mit den jeweiligen Erregerwicklungen 28, 30 in axialer Richtung der Kammern 12, 50, 58, vorzugsweise in axialer Richtung von Kammeranfang bis Kammerende. Die Erregerwicklungen 28, 30 werden beispielsweise von einem Drehstromnetz gespeist, sodass diese ein sich zeitlich und örtlich änderndes elektromagnetisches Feld erzeugen, das die Kammer 12, 50, 58 in radialer Richtung durchsetzt und entlang der Erregereinheiten tangential, insbesondere entlang des Querschnitts der Kammer 12, 50, 58 verläuft. Ein möglicher Verlauf der Feldlinien der elektromagnetischen Felder zu einen Zeitpunkt (z.B. $t=0$) ist in Fig. 6 mit unterbrochenen Linien dargestellt. Vorzugsweise weist das in

den Kammern 12, 50, 58 ausgebildete elektromagnetische Feld eine konstante Umlaufgeschwindigkeit u_0 (Synchrongeschwindigkeit) auf. Sie ergibt sich aus der Frequenz f der Ströme in den Erregerwicklungen und deren Polpaarzahl p der Erregerwicklungen. Es gilt:

$$u_0 = \frac{f}{p}$$

5 Die elektromagnetischen Erregersysteme 18, 20, 46, 48, 54, 56 weisen insbesondere jeweils eine Polzahl ($2p$) von 16 oder 8 auf. Insbesondere weisen die die erste, äußere Kammer 12 umgebenen elektromagnetischen Erregersysteme 18, 20 eine größere Polzahl auf als die die inneren Kammern 50, 58 umgebenen elektromagnetischen Erregersysteme 46, 48, 54, 56. Die die dritte, innerste Kammer 58 umgebenen elektromagnetischen Erregersysteme 54, 56 weisen
10 die geringste Polzahl der elektromagnetischen Erregersysteme 18, 20, 46, 48, 54, 56 auf. Vorzugsweise weisen die die erste Kammer 12 umgebenen elektromagnetischen Erregersysteme 18, 20 eine Polzahl ($2p$) von 16 auf, wobei die die zweite Kammer 50 umgebenen elektromagnetischen Erregersysteme 46, 48 eine Polzahl von 8 und die die dritte Kammer 58 umgebenen elektromagnetischen Erregersysteme 54, 56 eine Polzahl von 4 aufweisen.

15 Die zwischen der ersten und der zweiten Kammer 12, 50 angeordneten elektromagnetischen Erregersysteme 20, 46 sind vorzugsweise fest miteinander verbunden. Insbesondere weisen die elektromagnetischen Erregersysteme 20, 46 einen gemeinsamen Metallkern, auf. Vorzugsweise sind die Erregerwicklungen der elektromagnetischen Erregersysteme 20, 46 auf diesen einen
20 Metallkern, insbesondere Blechpaket, ausgebildet aus Einzelblechen, angeordnet. Ein Metallkern der elektromagnetischen Erregersysteme 20, 46 weist vorzugsweise auf der der ersten Kammer 12 zugewandten Seite eine Mehrzahl von Nuten auf, in denen Erregerwicklungen angeordnet sind, wobei die Anzahl ihrer Pole und Stränge der Anzahl der Pole und Stränge des gegenüberliegenden, ersten elektromagnetischen Erregersystem 18 entspricht. An der der
25 zweiten Kammer 50 zugewandten Seite des Metallkerns sind eine Mehrzahl von Nuten, in denen Erregerwicklungen angeordnet, wobei die Anzahl ihrer Pole und Stränge der Anzahl der Pole und Stränge des gegenüberliegenden, vierten elektromagnetischen Erregersystems 46 entspricht. Die zwischen der zweiten Kammer 50 und der dritten Kammer 58 angeordneten elektromagnetischen Erregersysteme 48, 54 sind entsprechend der voran beschriebenen
30 elektromagnetischen Erregersysteme 20, 46 aufgebaut und miteinander verbunden.

Es ist ebenfalls denkbar, die Kammern 12, 50, 58 nicht wie in der Fig. 6 und 7 parallel zueinander anzuordnen, sondern die Kammern 12, 50, 58 in Reihe zueinander zu schalten, sodass das zu bearbeitende Material beispielsweise zuerst die erste Kammer 12, dann die zweite

Kammer 50 und dann die dritte Kammer 58 durchströmt oder umgekehrt. Bei einer solchen Reihenschaltung der Kammern 12, 50, 58 ist beispielsweise die erste, äußere Kammer 12 mit einem Unterdruck beaufschlagt, sodass das zu bereitlebende Material in die innere, dritte Kammer 58 eingelassen und durch die Kammern 50, 58 in die erste Kammer 12 gesogen wird.

5

In Fig. 6 und 7 ist zusätzlich die Anordnung der Magnetsysteme 70, 72 des Ausführungsbeispiels der Vorrichtung gemäß Fig. 4 dargestellt, wobei nur an den Enden der äußeren Metallkernen der Materialbearbeitungssysteme 22, 44, 52 unten und oben Magnetsysteme beispielhaft angeordnet sind und diese der Einfachheit halber jeweils lediglich ein Bezugszeichen haben. Die Magnetsysteme 70 sind beispielhaft entsprechend des Ausführungsbeispiels der Fig. 3 in den jeweiligen Materialbearbeitungssystemen 22, 44, 52 angeordnet. Jedes Materialbearbeitungssystem 22, 44, 52 weist zwei Magnetsysteme 70 und 72 auf, die in der jeweiligen Kammer 12, 50, 58 ein Magnetfeld erzeugen, das eine in axialer Richtung der Kammer 12, 50, 58 einwärts weisende Magnetkraft auf die Arbeitskörper innerhalb der jeweiligen Kammer 12, 50, 58 ausübt und insbesondere das sich die jeweilige Kammer durchsetzend über die jeweiligen Metallkerne der gegenüberliegenden Erregersystem 20, 48, 56 schließt. Die Magnetsysteme 70, 72 können auch entsprechend der Ausführungsbeispiele der Fig. 1, 3, 4 oder 5 in dem Materialbearbeitungssystemen 22, 44, 52 der Vorrichtung 10 angeordnet sein und entsprechend der gewählten Anzahl über die axiale Ausdehnung der Kammern 12, 50, 58 mit teilweise einphasigem und teilweise mehrphasigem Wechselstrom betrieben werden, um in den Kammern 12, 50, 58 sich zeitlich und örtlich ändernde Magnetfelder mit vorrangig axialen Flussdichtegradienten auszubilden, die wie beschrieben axiale magnetische Rückhalte- und Verteilungskräfte in den Kammern 12, 50, 58 auf die ferromagnetischen Arbeitskörper bewirken .

25

Bezugszeichenliste

10	Vorrichtung zum Bearbeiten von Material
12	erste Kammer
14	äußeres Rohr der ersten Kammer
5	16 inneres Rohr der ersten Kammer
18	erstes elektromagnetisches Erregersystem
20	zweites elektromagnetisches Erregersystem
22	erstes Materialbearbeitungssystem
24	Metallkern/ Blechpaket
10	26 Metallkern /Blechpaket
28	Erregerwicklungen
30	Erregerwicklungen
31	Magnetfeld des Magnetsystems 32
32	Magnetsystem
15	33 Magnetsystem
34	Magnetsystem
35	Magnetsystem
36	Magnetsystem
37	Magnetsystem
20	38 Magnetsystem
40	Kühleinrichtung
42	Magnetsystem
44	zweites Materialbearbeitungssystem
46	drittes elektromagnetisches Erregersystem
25	48 viertes elektromagnetisches Erregersystem
50	zweite Kammer
52	drittes Materialbearbeitungssystem
54	fünftes elektromagnetisches Erregersystem
56	sechstes elektromagnetisches Erregersystem
30	58 dritte Kammer
60	Magnetsystem
62	Magnetsystem
64	Magnetsystem
66	Magnetsystem
35	68 Magnetsystem
70	Magnetsystem
72	Magnetsystem
100	Vorrichtung zum Zerkleinern gemäß dem Stand der Technik
40	101 Kammer
102	Außenrohr
103	Innenrohr
104	erstes elektromagnetisches Erregersystem
105	zweites elektromagnetisches Erregersystem

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zum Bearbeiten von Materialien, insbesondere mineralischen Materialien, aufweisend
5 zwei elektromagnetische Erregersysteme (18, 20; 46, 48, 54, 56) zum jeweiligen Erzeugen eines elektromagnetischen Feldes und eine zwischen den elektromagnetischen Erregersystemen (18, 20; 46, 48, 54, 56) angeordnete Kammer (12, 50, 58) zur Aufnahme von zu bearbeitendem Material, wobei die Kammer (12, 50, 58) derart angeordnet ist, dass innerhalb der Kammer (12, 50, 58)
10 mittels der elektromagnetischen Erregersysteme (18, 20; 46, 48, 54, 56) ein elektromagnetisches Feld erzeugbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Kammer (12, 50, 58) zumindest teilweise von einem Magnetsystem (32- 38, 42; 60 - 72) zum Erzeugen eines zusätzlichen Magnetfeldes innerhalb der Kammer (12, 50, 58) umgeben ist.
15
2. Vorrichtung (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Magnetsystem (32- 38, 42; 60 - 72) eine Zylinderspule, insbesondere ein Solenoid, umfasst, die coaxial zu der Kammer (12, 50, 58) angeordnet ist.
- 20 3. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Zylinderspule zumindest eine Windung aufweist.
4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Kammer (12, 50, 58) von einer Mehrzahl von Magnetsystemen (32- 38, 42; 60 - 72) umgeben ist.
- 25 5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Magnetsystem (32- 38, 42; 60 - 72) an einem Bereich eines Einlasses zum Einlassen von zu bearbeitendem Material und/ oder das Magnetsystem (32- 38, 42; 60 - 72) an einem Bereich eines Auslasses zum Auslassen von Material aus der Kammer (12, 50, 58) angeordnet ist.
- 30 6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Mehrzahl von in axialer Richtung zueinander beabstandeten Magnetsystemen (32- 38, 42; 60 - 72) entlang der Erstreckung der Kammer (12, 50, 58) angeordnet sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei zumindest zwei der Magnetsysteme (32- 38, 42; 60
35 - 72) derart ausgebildet und angeordnet sind, dass sie einander entgegengesetzt ausgerichtete Magnetfelder erzeugen.

8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Magnetsystem (32-38, 42; 60 - 72) derart ausgebildet und angeordnet ist, dass es ein Magnetfeld erzeugt, das eine in der Kammer (12, 50, 58) in axialer Richtung nach innen weisende Magnetkraft erzeugt.
9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Magnetsystem (32-38, 42; 70-72) zumindest teilweise in zumindest einem der äußeren elektromagnetischen Erregersysteme (18; 46, 54,) angeordnet ist.
10. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Magnetsystem (32-38, 42; 70 - 72) die elektromagnetischen Erregersysteme (18, 20; 46, 48, 54, 56) umschließt.
11. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung (10) eine Mehrzahl von Magnetsystemen (32- 38, 42; 60 - 72) aufweist, die coaxial zueinander und zu der Kammer (12, 50, 58) angeordnet sind.
12. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die elektromagnetischen Erregersysteme (18, 20) und die Kammer (12) ein erstes Materialbearbeitungssystem (22) bilden und die Vorrichtung (10) ein zweites Materialbearbeitungssystem (44) aufweist, das konzentrisch zu dem ersten Materialbearbeitungssystem (22) angeordnet ist.
13. Vorrichtung (10) nach Anspruch 12, wobei die Vorrichtung (10) ein drittes Materialbearbeitungssystem (52) aufweist, das konzentrisch zu dem ersten und dem zweiten Materialbearbeitungssystem (22, 44) angeordnet ist.
14. Vorrichtung (10) nach Anspruch 12, wobei jedes Materialbearbeitungssystem (22, 44, 52) zumindest ein Magnetsystem (32- 38, 42; 60 – 72) aufweist.
15. Verfahren zum Betreiben einer Vorrichtung (10) zum Bearbeiten von Materialien, insbesondere mineralischen Materialien, aufweisend Erzeugen eines elektromagnetischen Feldes in einer Kammer (12, 50, 58) zur Aufnahme von zu bearbeitendem Material, wobei die Kammer (12, 50, 58) zwischen zwei elektromagnetischen Erregersystemen (18, 20; 46, 48, 54, 56) angeordnet ist und das

elektromagnetische Feld mittels der elektromagnetischen Erregersysteme (18, 20, 46, 48, 54, 56) erzeugt wird, und

Erzeugen eines weiteren elektromagnetischen Feldes innerhalb der Kammer (12, 50, 58) mittels eines die Kammer (12, 50, 58) zumindest teilweise umgebenden Magnetsystems (32- 38, 42; 60 - 72).

5

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei das magnetische Feld mittels des Magnetsystems (32- 38, 42; 60 - 72) derart ausgebildet wird, dass die Magnetkraft innerhalb der Kammer (12, 50, 58) in axialer Richtung nach innen weist.

10

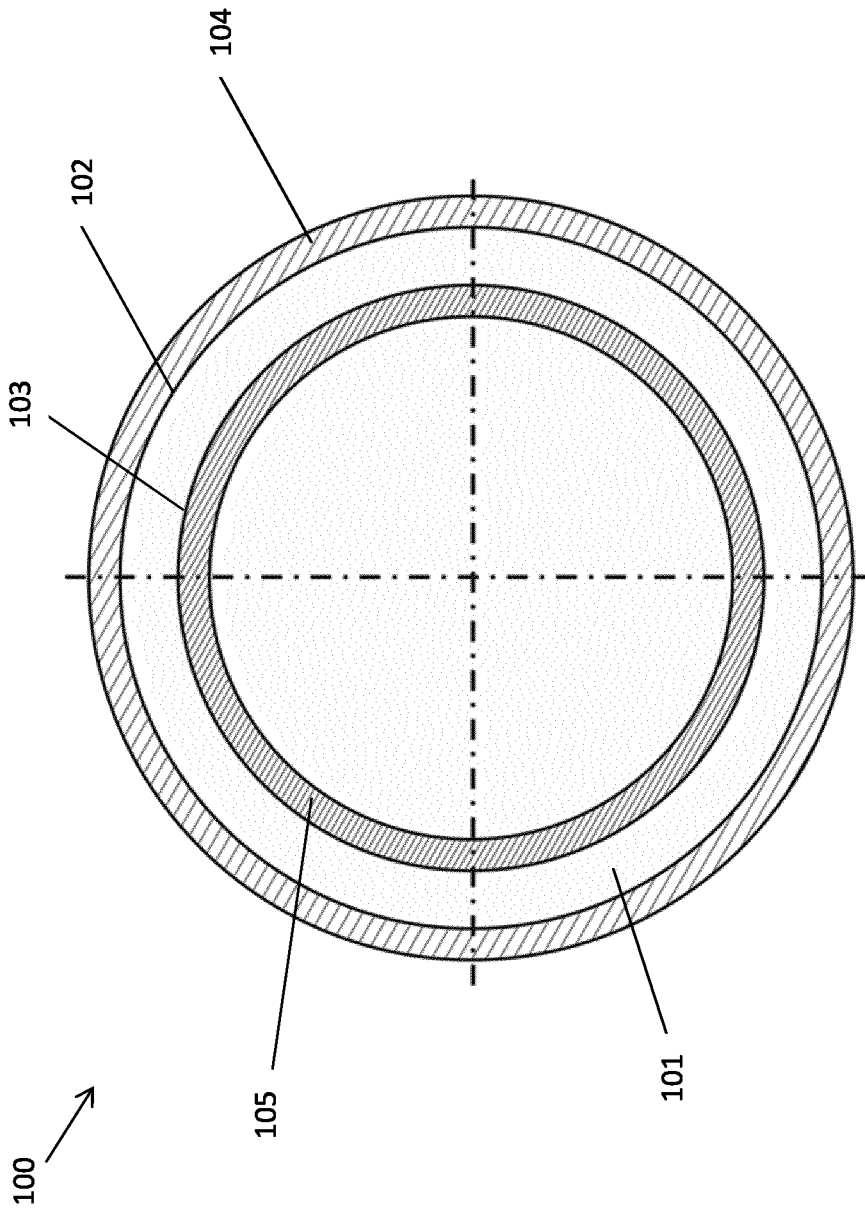


Fig.1

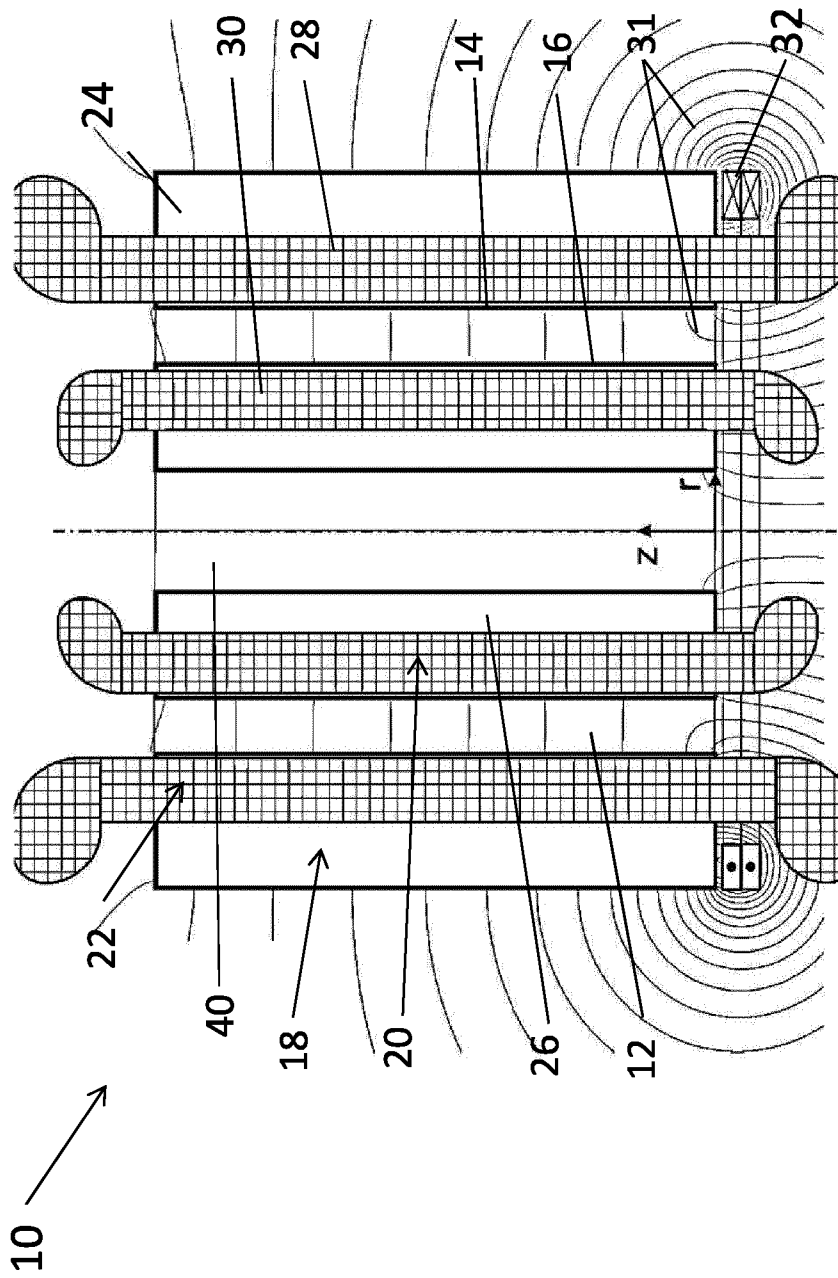


Fig. 2

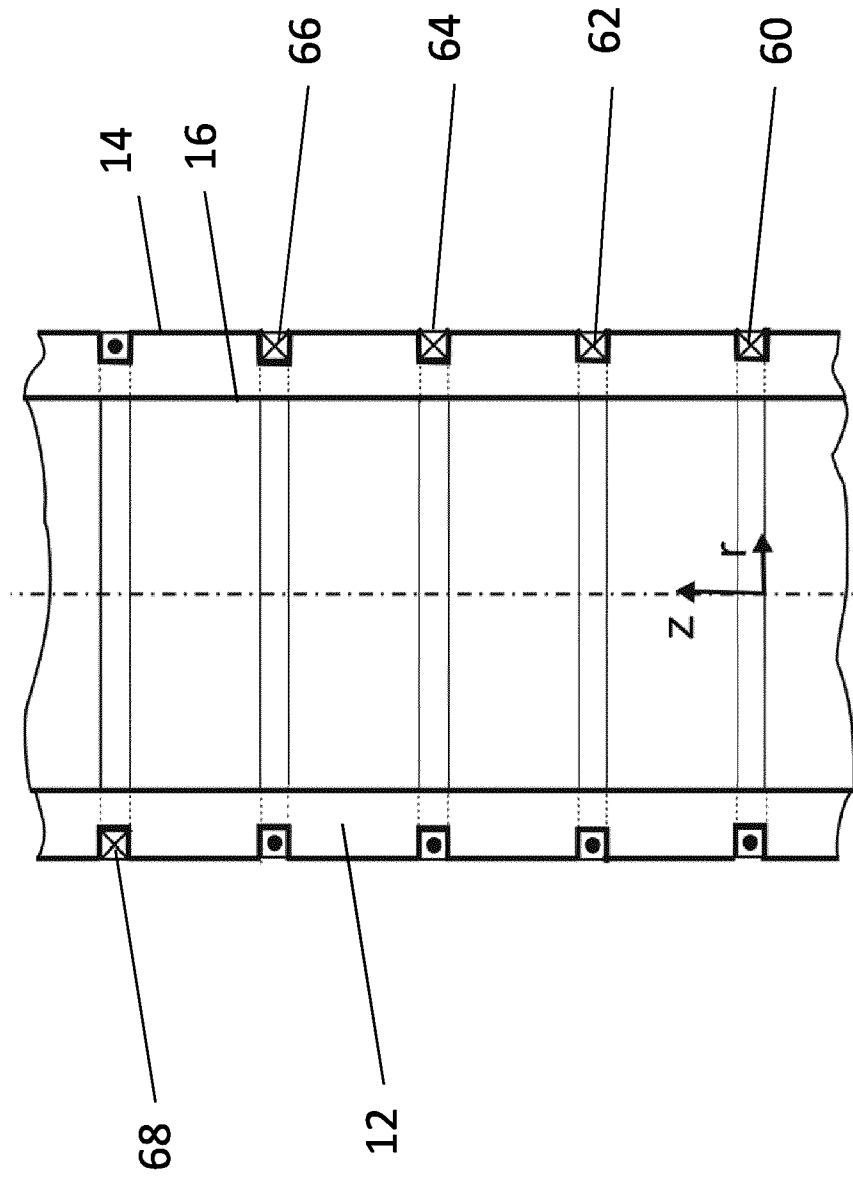


Fig. 5

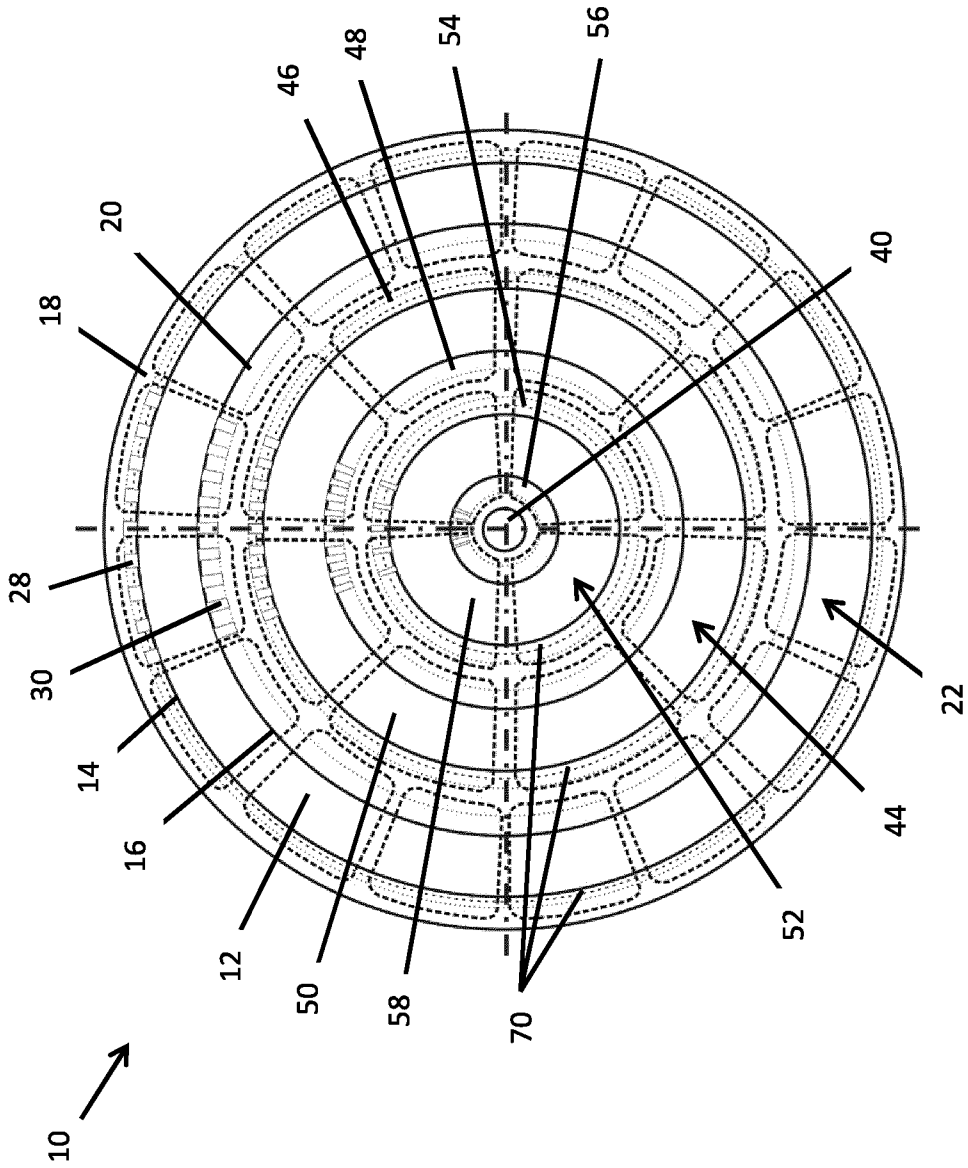


Fig.6

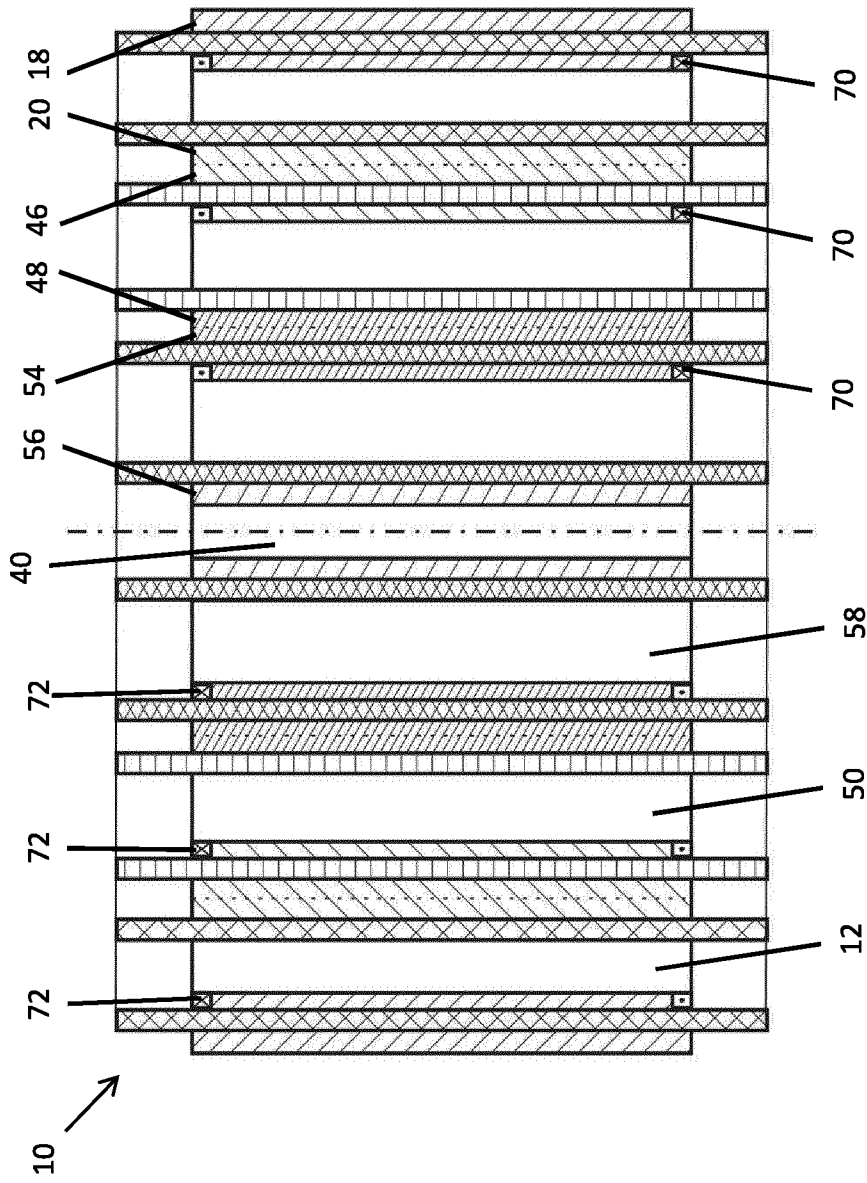


Fig.7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/058393

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B02C 17/00</i> (2006.01)i; <i>B01F 13/08</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B02C; B01F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 4113490 A1 (LEIPZIG LACKE GMBH [DE]) 29 October 1992 (1992-10-29) cited in the application column 7, line 13 - column 11, line 27; figures 1-6	1-16
A	DD 240674 A1 (ILMENAU TECH HOCHSCHULE [DD]) 12 November 1986 (1986-11-12) page 3 - page 4; figures 1-15	1-16
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 04 June 2019		Date of mailing of the international search report 17 June 2019
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Swiderski, Piotr Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/058393

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	4113490	A1	29 October 1992	AT	135261	T	15 March 1996
				DE	4113490	A1	29 October 1992
				EP	0510256	A1	28 October 1992
				JP	3308576	B2	29 July 2002
				JP	H04338228	A	25 November 1992
				US	5348237	A	20 September 1994
DD	240674	A1	12 November 1986	NONE			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/058393

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B02C17/00 B01F13/08 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B02C B01F		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 41 13 490 A1 (LEIPZIG LACKE GMBH [DE]) 29. Oktober 1992 (1992-10-29) in der Anmeldung erwähnt Spalte 7, Zeile 13 - Spalte 11, Zeile 27; Abbildungen 1-6 -----	1-16
A	DD 240 674 A1 (ILMENAU TECH HOCHSCHULE [DD]) 12. November 1986 (1986-11-12) Seite 3 - Seite 4; Abbildungen 1-15 -----	1-16
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist	"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist	
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
4. Juni 2019	17/06/2019	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Swiderski, Piotr	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/058393

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4113490	A1	29-10-1992	AT 135261 T 15-03-1996
			DE 4113490 A1 29-10-1992
			EP 0510256 A1 28-10-1992
			JP 3308576 B2 29-07-2002
			JP H04338228 A 25-11-1992
			US 5348237 A 20-09-1994

DD 240674	A1	12-11-1986	KEINE
