(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 085 150 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
15.05.2013 Patentblatt 2013/20

(51) Int Cl.:
B07B 13/00 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **08002067.0**

(22) Anmeldetag: **04.02.2008**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Sortieren von Partikeln**

Method and device for sorting particles

Procédé et dispositif de tri de particules

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.08.2009 Patentblatt 2009/32

(60) Teilanmeldung:
09014496.5 / 2 156 903
09014497.3 / 2 156 904

(73) Patentinhaber: **Technische Universitat Bergakademie Freiberg**
09599 Freiberg (DE)

(72) Erfinder:
- **Unland, Georg**
  09599 Freiberg (DE)
- **Folgner, Thomas**
  09600 Oberschöna (DE)
- **Steuer, Martin**
  01589 Riesa (DE)

(74) Vertreter: **Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser**
Leopoldstrasse 4
80802 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-2005/014788
US-A- 1 955 032
US-A- 4 254 878

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).

EP 2 085 150 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Sortieren von Partikeln.

[0002] In der Aufbereitungstechnik ebenso wie für die Produktherstellung unter Verwendung von Partikeln spielt für eine hohe Effizienz ebenso wie für die Erfüllung von Qualitätsanforderungen der Einsatz sortierten partikulären Materials eine zunehmende Rolle. Überdies können durch Bereitstellung sortierter partikulärer Produkte höhere Qualitäts- und Preisvorstellungen realisiert werden. So kann sortierter, höherpreisiger Splitt und Schotter in der Bauindustrie wie auch im Straßenbau zu wesentlich höhere Lebensdauer und verbesserte Produkteigenschaften führen.

[0003] Aus der DE 10 2006 001 043 A1 ist daher bereits ein Verfahren zur Erzeugung von Splitt und Schotter bekannt, bei dem kubische Körner, deren Anteil in Schotter und Splitt zumindest 50% betragen soll, nicht in einem späteren Aufbereitungsprozess, wie einem Brechprozess, weiter zerkleinert werden. Vielmehr sollen bevorzugt nur nicht kubische Körner in weiteren Brechstufen, die der Kubifizierung dienen, zu kubischen Körnern verarbeitet werden. Zur Sortierung werden Kornform-Sortiermaschinen eingesetzt, die entweder auf optischen Prinzipien oder auf dem unterschiedlichen Gleichgewichtsverhalten von kubischen und nichtkubischen Körnern beruhen.

[0004] Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Sortieren von Partikeln nach ihrer Partikelform in einer räumlichen und zeitlichen Abfolge mit zwei Klassierstufen ist aus der US 1 955 032 diefürden Gegenstard der Ansprüche 1 and 26 als nächstliegen der Standard Technik angesehen wird, bekannt. In der ersten Stufe erfolgt hierbei eine Klassierung der Partikel nach ihrer maximalen Partikelausdehnung.

[0005] Ferner ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kornformsortierung aus der US 4 254 878 bekannt. Hierbei kommt ein rotatorischer Klassierer (Fig. 2) oder ein Flachdeck-Klassierer (Fig. 3) zum Einsatz.

[0006] Hierbei wird ebenfalls zuerst nach der maximale Ausdehnung der Partikel klassiert, die nicht länger sind als das Doppelte der Öffnungslänge der Durchtrittsöffnungen.

[0007] Durch die Erfindung soll für eine breite, branchenübergreifende Anwendung ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Sortieren von Partikeln geschaffen werden, die in zuverlässiger und industriell einsetzbarer Weise eine Bereitstellung von Partikeln, wie z.B. von Splitt oder Schotter oder anderen Schüttungen, in kornformspezifischer Sortierung gestatten.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 1 und eine Vorrichtung mit den Merkmalem des Anspruches 26 gelöst.

[0009] Ein wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht also darin, Partikel nach ihrer Kornform zu sortieren und auf diese Weise Partikel unterschiedlicher Kornform voneinander zu trennen, um so Partikel nach Nadeligkeit (Partikel mit einem bestimmten Längen-/ Breitenverhältnis), und anchließend nach Kubizität bzw. Rundheit (Partikel mit einem bestimmten Längen-/Dickenverhältnis) und oder anschließend nach ihrer Plattigkeit (Partikel unit einem bestimmten Breiten-/Dickenverhältnis) zu unterscheiden.

[0010] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden die Begriffe Klassierung und Sortierung verwendet. Unter Klassierung versteht man dabei die Trennung nach einem geometrischen Merkmal der Partikelmakrogestalt (z.B. Hauptabmessungen Fig. 1). Eine Sortierung nach der Kornform wird durch die serielle Klassierung nach mindestens zwei geometrischen Merkmalen der Partikelmakrogestalt (serielle Klassierung nach mindestens zwei Hauptabmessungen) beschrieben, wobei eine zweifache serielle Klassierung, z.B. nach den Parametern Nadeligkeit, und anschließend nach Kubizität oder Plattigkeit, erfolgen kann.

[0011] Auf diese Weise kann eine Fraktion nach der Nadeligkeit bei einem bestimmten Grenzwert für diese Kornform getrennt werden.

[0012] Vorzugsweise kann eine zweidimensionale (in der Klassierebene erfolgende) oder auch dreidimensionale Klassierung unter Verwendung räumlicher dreidimensionaler Siebstrukturen realisiert werden.

[0013] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt eine serielle Klassierung (Sortierung nach der Kornform) in zumindest zwei, vorzugsweise zeitlich und/oder räumlich aufeinanderfolgenden Klassiervorgängen unter Berücksichtigung jeweils einer von drei Hauptabmessungen (Länge a, Breite b, Dicke c) der Partikel.

[0014] Die vorgenannte Aufgabe wird hinsichtlich der Vorrichtung erfindungsgemäß gelöst durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 26.

[0015] Bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgenäßen vorrichtung, auch im Hinblick auf die Ausbildung der Durchgangsöffnungen in Abhängigkeit von der Klassierungsaufgabe, sind Gegenstand der weiteren Unteransprüche.

[0016] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann die erste und zweite Klassiereinrichtung durch eine erste und zweite Siebeinrichtung gebildet werden, die vorzugsweise in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet oder integral in einer Klassierebene ausgebildet sind.

[0017] Vorzugsweise werden die Partikelbewegung in Form der Siebkennziffer und die entsprechende Partikelausdehnung (z.B. Partikellänge, Partikelbreite und Partikeldicke) nach der klassiert werden soll als Parameter für die Wahl geeigneter Geometrien der Durchtrittsöffnungen der Siebeinrichtungen verwendet.

[0018] Durch die erfindungsgemäße zweifache serielle Klassierung, d.h. Kornformsortierung nach der Partikelgröße in zumindest zwei Hauptachsenrichtungen des Partikels, die im Wesentlichen zueinander senkrecht sind (Länge, Breite,

Dicke) ist es auf überraschend einfache Weise möglich, Partikel hinsichtlich ihrer Nadeligkeit (Verhältnis der maximalen Partikelausdehnung (Längsabmessung) zur maximalen mittleren Hauptabmessung (Partikelbreite)) bzw. nach ihrer Kubizität oder Rundheit ((Verhältnis der maximalen Partikelausdehnung (Längsabmessung) zur minimalen Partikelausdehnung (Dicke)) bzw. hinsichtlich ihrer Plattigkeit (Flachheit) (Verhältnis der mittleren Hauptabmessung (Breite) zur kleinsten Hauptabmessung (Dicke)) zu sortieren, d.h. nach jeweils einer geometrischen Größe des Partikels. Vorzugsweise sind die Klassiereinrichtungen Siebeinrichtungen wie z.B. Kreis-, Ellipsen-, Linear- oder Planschwinger, d.h. Schwingsiebe mit vorgenannter Bewegungsgeometrie oder eine geneigt und vorzugsweise feststehend angeordnete Siebfläche als Klassierebene, über die die Partikel geführt werden.

[0019] Für eine Klassierung nach der maximalen Partikelausdehnung weist die Klassiereinrichtung, vorzugsweise Siebeinrichtung, eine Klassierung mittels vorbestimmtem Rundloch, Quadratloch, Langloch (zweidimensionale Klassierung), 3D-Quadratloch oder einem 3D-Rechteckloch ("3D"=dreidimensionale Klassierung) auf. Hinsichtlich einer zu der vorgenannten Partikelausdehnung im Wesentlichen senkrechten, mittleren Partikelausdehnung ist die Siebeinrichtung vorzugsweise mit Durchtrittsöffnungen (Rundloch bzw. Quadratloch) mit einem vorbestimmten Lochdurchmesser bzw. einer Maschenweite, vorzugsweise in einer Ausbildung als Lochblech oder Sieb versehen.

[0020] Als Klassiereinrichtung zur Klassierung der Partikel nach der zur maximalen und mittleren Partikelausdehnung im Wesentlichen senkrechten, minimalen Partikelausdehnung, ist vorzugsweise eine aus Stäben gebildete Siebeinrichtung mit vorbestimmten Stababstand oder ein Langmaschengewebe mit vorbestimmten Maschenabstand oder einem 3D-Rechtecklochbelag vorgesehen.

[0021] Vorzugsweise kann die Klassierung also durch Siebeinrichtungen mit zweidimensionaler oder aber auch mit dreidimensionaler Wirkungsweise bzw. Klassierebene erfolgen.

[0022] Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird unter dem Klassieren bzw. der zweifache seriellen Klassierung stets ein Sortieren nach der Kornform verstanden, das ein zeitlich und/oder räumlich getrenntes Klassieren nach mindestens zwei geometrischen Hauptabmessungen der Partikel (maximale Länge, maximale Breite oder maximale Dicke) beinhaltet.

[0023] Durch die Erfindung lässt sich z.B. leicht Schüttgut erzeugen, das hinsichtlich einheitlicher Partikelgeometrien auf ganz bestimmte bevorzugte Anwendungen oder Qualitäten abgestimmt ist, z.B. bei Erzeugung von hochpreisigem Edelsplitt.

[0024] Die Erfindung beruht auf der überraschenden Erkenntnis, dass eine qualitätvolle Sortierung von partikulärem Gut nach der Kornform (serielle Klassieren) möglich ist, indem zumindest zwei Klassierungen in Kombination und zwar auf der Basis der geometrischen Hauptabmessungen der Partikel (maximale Länge, maximale Breite, maximale Dicke) vorgenommen werden.

[0025] Dabei können zumindest zwei Klassierungen sowohl in enger zeitlicher und/oder räumlicher Verbindung und Nachbarschaft als auch mit großem zeitlichen und/oder räumlichen Abstand durchgeführt werden. Es ist auf diese Weise möglich, eine Fraktion nadeliger Partikel von einer Fraktion runder oder kubischer Partikel und diese wiederum von einer Fraktion plattiger Partikel zu trennen, wobei durch Hintereinanderschaltung entsprechender Siebeinrichtungen innerhalb jeder Fraktion weitere Feinfraktionierungen, z.B. Partikel mit vorbestimmter Nadeligkeit durch Begrenzung der mittleren Partikelabmessung (Partikeldicke) oder der vorbestimmter Plattigkeit der Partikel (Begrenzung der Kleinstabmessungen (Dicke) der Partikel) erzeugt werden können.

[0026] Die Erfindung ist z.B. für die Fraktionierung und Qualitätsverbesserung von Splitt oder Schotter in der Bauindustrie oder bei der Bereitstellung von Kohle für Hochöfen oder für die Vorbereitung von Schüttungen für Festbettreaktoren wie auch z.B. in der Prädisposition von Partikeln für Suspensionen von Auftragmaterialien anwendbar.

[0027] Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen und zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. In diesen zeigen:

Fig. 1	eine schematische Darstellung eines Partikels, nach seinen Hauptabmessungen,
Fig. 2	eine Tabelle der Klassiervarianten,
Fig. 3	ein Kräftegleichgewicht an einem Partikel zur Beschreibung möglicher Schwingformen einer Siebeinrichtung,
Fig. 4	eine schematische Darstellung eines Bewegungsverhaltens eines Partikels in Abhängigkeit von einer Bewegung/Antrieb einer Siebeinrichtung für eine
Fig. 4a	Wurfbewegung,
Fig. 4b	eine Gleitbewegung des Partikels,
Fig. 5	Öffnungsgeometrien einer Siebeinrichtung mit
Fig. 5a bis 5d	zweidimensionalen Öffnungsgeometrien der Siebungseinrichtungen für Rundloch (Kreisloch), Quadratloch, rechteckiger Durchtrittsöffnung und elliptischer Durchtrittsöffnung,
Fig. 6	dreidimensionale Öffnungsgeometrien einer Siebeinrichtung mit
Fig. 6a bis 6d	Quadratloch und Rechteckloch in Querschnitt und Draufsicht,
Fig. 7	Funktionsweisen von Öffnungsgeometrien nach Fig. 6 mit schematische Darstellungen von dreidimen-

	sionalen Öffnungsgeometrien
Fig. 7a	für eine Klassierung nach einer maximalen Partikelausdehnung (a), und
Fig. 7b	für eine Klassierung nach einer minimalen Partikelausdehnung (c),
Fig. 8	Funktionsweisen von Öffnungsgeometrien nach Fig. 7 mit schematische Darstellungen von dreidimensionalen Öffnungsgeometrien
Fig. 8a1 und	für eine Klassierung nach einer maximalen Partikelausdehnung (a)
Fig. 8a2	für unterschiedliche Schwerpunktslagen, und
Fig. 8b	für eine Klassierung nach einer minimalen Partikelausdehnung (c),
Fig. 9	Funktionsweisen von Öffnungsgeometrien für verschiedene Partikelformen bei Gleitbewegung,
Fig. 10	Funktionsweisen von Öffnungsgeometrien für verschiedene Partikelformen bei Wurfbewegung,
Fig. 11	eine schematische Darstellung des Wirkprinzips einer zweifache seriellen Klassierung nach der vorliegenden Erfindung mit
Fig. 11a	einer ersten Klassierstufe,
Fig. 11 b	einer zweiten Klassierstufe.
Fig. 12	eine schematische Darstellung einer Siebeinrichtung als Schwingsieb zur Bestimmung möglicher Schwingformen,
Fig. 13	ein Ersatzschaltbild für eine Kombination von Schwingungsanregung, Kreisschwingung und elliptischer Schwingung für eine integrale Siebeinrichtung,
Fig. 14	ein Ausführungsbeispiel einer Siebeinrichtung mit Lochblech und Siebrost gemäß Fig. 11 (Klassierung nach der Nadeligkeit),
Fig. 15	ein verfahrenstechnisches Model einer Sortiermaschine mit zweifache serielle Klassierung,
Fig. 16	eine Sortiervorrichtung in schematischer Schnittdarstellung (Sortierung nach Nadeligkeit),
Fig. 17	eine Austrageinrichtung der Sortiervorrichtung nach Fig. 16,
Fig. 18	eine Siebeinrichtung der Sortiervorrichtung nach Fig. 16,
Fig. 19	eine Sortiervorrichtung in schematischer Schnittdarstellung (Sortierung nach Nadeligkeit) mit Klassierschritten auf getrennten Siebeinrichtungen,
Fig. 20	eine Austrageinrichtung der Sortiervorrichtung nach Fig. 19,
Fig. 21	Siebeinrichtungen der Sortiervorrichtung nach Fig. 19,
Fig. 22	eine Sortiervorrichtung in schematischer Schnittdarstellung (Sortierung nach Kubizität),
Fig. 23	eine Austrageinrichtung der Sortiervorrichtung nach Fig. 22,
Fig. 24	eine Siebeinrichtung der Sortiervorrichtung nach Fig. 22,
Fig. 25	eine Sortiervorrichtung in schematischer Schnittdarstellung (Sortierung nach Kubizität) mit den Klassierstufen auf getrennten Siebeinrichtungen,
Fig. 26	eine Austrageinrichtung der Sortiervorrichtung nach Fig. 25,
Fig. 27	eine Siebeinrichtung der Sortiervorrichtung nach Fig. 25,
Fig. 28	eine Sortiervorrichtung in schematischer Schnittdarstellung (Sortierung nach Plattigkeit),
Fig. 29	eine Austrageinrichtung der Sortiervorrichtung nach Fig. 28,
Fig. 30	eine Siebeinrichtung der Sortiervorrichtung nach Fig. 28,
Fig. 31	eine Sortiervorrichtung in schematischer Schnittdarstellung (Sortierung nach Plattigkeit), mit Klassierstufen auf separaten Siebeinrichtungen,
Fig. 32	eine Austrageinrichtung der Sortiervorrichtung nach Fig. 31,
Fig. 33	eine Siebeinrichtung der Sortiervorrichtung nach Fig. 31.

[0028] Grundlage der nachfolgenden Erläuterung von Ausführungsbeispielen eines Verfahrens und einer Vorrichtung zum Sortieren von Partikeln nach ihrer Partikelform durch zweifache serielle Klassierung ist die Geometrie eines Partikels 1, wie in Fig. 1 dargestellt, mit Hilfe seiner Hauptabmessungen, nämlich seiner maximalen Länge a, seiner mittleren Abmessung Breite b und seiner kleinsten Abmessung Dicke c, wobei sich diese Abmessungen in den Hauptachsen x, y, z des Partikel 1 durch einen regelmäßigen Körper, z.B. Quader, als Einhüllende darstellen lassen, wie dies in Fig. 1 gezeigt ist. Die Hauptabmessungen a (längste Körperkante des einhüllenden Quaders), b (mittlere Körperkante des einhüllenden Quaders) und c (kleinste Körperkante des einhüllenden Quaders) mit a > b > c beschreibenden Partikel 1 geometrisch.

[0029] Die nachfolgend näher erläuterte zweifache serielle Klassierung, d.h. Bestimmung der Partikelform auf der Grundlage von zumindest zwei geometrischen Hauptabmessungen des Partikels 1, beruht auf der vorgenannten Erfassung der Hauptabmessungen des Partikels und deren verfahrens- und vorrichtungstechnischer Umsetzung. Die Form des Partikels 1 kann mittels dieser Erfassung seiner Ausdehnung in den drei Hauptachsen x, z und y vollständig erfasst werden.

[0030] Mit Hilfe der Hauptabmessungen des Partikels 1 sind drei unterschiedliche Partikelformen definierbar, bestimmt durch jeweils zwei Längenverhältnisse.

[0031] Das Verhältnis der längsten Hauptabmessung a zur mittleren Hauptabmessung b beschreibt die Elongation oder Nadeligkeit des Partikels 1:

$$\Psi_{(a/b)} = \frac{a}{b}$$

[0032] Das Verhältnis der längsten Hauptabmessung a zur kleinsten Hauptabmessung c beschreibt die Kubizität bzw. Rundheit oder Würfeligkeit des Partikels 1:

$$\Psi_{(a/c)} = \frac{a}{c}$$

[0033] Das Verhältnis der mittleren Hauptabmessung b zur kleinsten Hauptabmessung c beschreibt die Flachheit bzw. Plattigkeit des Partikels 1:

$$\Psi_{(b/c)} = \frac{b}{c}$$

[0034] Mit Hilfe der vorgenannten Beschreibung bzw. Sortierung einer Partikelmenge nach Kornformen $\Psi_{(a/b)}$, $\Psi_{(a/c)}$ und $\Psi_{(b/c)}$, kann ein aus Partikel 1 bestehendes Aufgabegut in zwei räumlich und/oder zeitlich abfolgend ablaufenden Klassierschritten nach der Nadeligkeit sortiert (seriell klassiert) werden, so dass zwei Fraktionen mit zwei signifikant unterschiedlichen Kornformkenngrößen $\Psi_{(a/b)}$ entstehen. In entsprechender Weise ist es möglich, dass Partikelgemisch nach der Kubizität bzw. nach der Plattigkeit zu sortieren.

[0035] Die Klassiervarianten bei einer zweifache seriellen Klassierung, d.h. Sortierung nach der Kornform entsprechend den Hauptabmessungen a, b oder c sind in Tabelle 1 der Fig. 2 tabellarisch dargestellt. Je nach Kombination der Klassierung nach den drei Hauptabmessungen in einem ersten und einem zweiten Klassierschritt ergibt sich eine Sortierung nach den Komformen: Nadeligkeit, Kubizität oder Plattigkeit, wie dies Fig. 2 verdeutlicht. Fig. 2 zeigt die Kombination der verschiedenen Klassierschritte, d.h. einer ersten Klassierung (Klassierschritt 1) und einer anschließenden zweiten Klassierung (Klassierschritt 2) mit dem entsprechenden Klassierergebnis und der Beschreibung der Kornform bei jeder dieser Varianten mit einer Abkürzung in der rechten Spalte der Fig. 2. Wie ersichtlich, wird durch eine Kombination von erster und zweiter Klassierung nach den Hauptabmessungen a und b sowie b und a (Reihenfolge) eine Sortierung nach der Nadeligkeit vorgenommen, während bei Sortierung nach anderen Hauptabmessungen in unterschiedlicher Reihenfolge jeweils eine Sortierung nach Kubizität bzw. Plattigkeit erfolgt, wie dies aus Fig. 2 ersichtlich ist.

[0036] Eine Sortierung nach der Kornform (serielles Klassieren) erfolgt auf der Basis der Hauptabmessungen in den hier erläuterten Ausführungsbeispielen durch eine oder mehrere Siebeinrichtungen, wobei die Ausgestaltung der Siebeinrichtungen zur Erfüllung der jeweiligen Sortieraufgabe der Partikelformsortierung nach zumindest einer der Hauptabmessungen a, b oder c eine Partikelbewegung und eine Sieböffnungsgeometrie, d.h. eine Geometrie von Durchtrittsöffnungen der Siebeinrichtung als Parameter betrachtet werden. Die Partikelbewegung wird dabei mit Hilfe einer Maßzahl beschrieben, die durch das Verhältnis der senkrecht zu einer Klassierebene der Siebeinrichtung (Siebebene) stehenden Komponenten der auf einen Partikel 1 wirkenden Beschleunigungskraft F_a und der Gewichtskraft F_g gebildet wird. Diese Maßzahl wird als Sieb- oder Wurfkennziffer S_v bezeichnet. In Fig. 3 ist das auf einen Partikel 1 wirkende Kräftegleichgewicht bei der Partikelbeschleunigung zur Beschreibung/Ermittlung möglicher Bewegungsformen für eine Siebeinrichtung 2 dargestellt. Die Siebkennziffer wird wie folgt berechnet:

$$S_v = \frac{F_{a,N}}{F_{g,N}}$$

$$S_v = \frac{F_a \cdot \sin(\alpha + \beta)}{F_g \cdot \cos(\alpha)}$$

mit: $F_a = m_p \cdot a$

mit: $F_g = m_p \cdot g$

$$S_v = \frac{a \cdot \sin(\alpha + \beta)}{g \cdot \cos(\alpha)} \qquad (8)$$

[0037] Dabei sind m_p eine Partikelmasse, α der Anstellwinkel einer Siebebene (Klassierebene) bzw. eines Klassierbelages der Siebeinrichtung 2 und β ein Anstellwinkel eines Schwingantriebes der Siebeinrichtung. Zur Beschreibung einer Partikelbewegung entlang der Siebeinrichtung 2 bzw. entlang eines Klassierbelages wird zwischen Wurfbewegung mit $S_v > 1$ und einer Gleitbewegung $S_v \leq 1$ unterschieden.

[0038] In Fig. 4a und 4b sind die Bewegungsverhältnisse eines runden Modellkörpers bei einer Wurf- bzw. Gleitbewegung dargestellt.

[0039] Als Sortiereinrichtung bzw. Mittel zum Klassieren von Partikeln 1 werden vorzugsweise Schwingsiebe (Siebeinrichtungen 2 mit einem Schwingantrieb) verwendet oder eine Siebeinrichtung 2, die, schräg gestellt, aufgrund ihrer Neigung eine Gleitbewegung der Partikel 1 entlang der Siebeinrichtung 2 in der Klassierebene bei ruhender Siebeinrichtung 2 herbeiführt, wie dies schematisch in Fig. 4b dargestellt ist. Die Siebeinrichtung 2 kann vorzugsweise eine Kreisschwingung, eine Ellipsenschwingung oder eine Planschwingung aufweisen. Als Sieböffnungsgeometrien, die die Geometrie der Durchtrittsöffnungen 3 eines Siebbelages 2 beschreiben, sind vorzugsweise Rundloch, Quadratloch, Langloch (als zweidimensionale Öffnungsgeometrien), 3D-Quadratloch (dreidimensionale Öffnungsgeometrie) oder 3D-Langloch (dreidimensionale Öffnungsgeometrie) vorgesehen.

[0040] Vorzugsweise ist es also möglich, Siebeinrichtungen bzw. Siebbeläge 2 mit einer zweidimensionalen Öffnungsgeometrie von Durchtrittsöffnungen (hier als 2D-Siebbeläge bezeichnet) und Siebbeläge mit dreidimensionaler Geometrie der Durchtrittsöffnungen (hier als 3D-Siebbeläge bezeichnet) zu unterscheiden. Beide Geometrien können auch in einer (integralen) Siebeinrichtung verbunden sein.

[0041] Für einen 2D-Siebbelag 2 sind die Öffnungsgeometrien der Durchtrittsöffnungen 3 in Fig. 5 gezeigt. Unter der Voraussetzung, dass die Abmessungen der Öffnungsgeometrien in x- und y-Richtung gleich groß sein sollen, kommen als Öffnungsgeometrien ein Kreisloch bzw. ein Quadratloch in Frage. Für den Fall ungleicher Abmessungen der Öffnungsgeometrie der Durchtrittsöffnungen 3 in x- und y-Richtung kann zwischen einer rechteckigen bzw. einer elliptischen Durchtrittsöffnung 3 unterschieden werden (s. Fig. 5a bis 5d).

[0042] In Fig. 6 sind mögliche Öffnungsgeometrien für einen dreidimensionalen Siebbelag 2 ("3D-Siebbelag") gezeigt. Mit Hilfe eines eine dreidimensionale Öffnungsgeometrie besitzenden Siebbelages 2 kann grundsätzlich nach der Hauptabmessung a (maximale Größtabmessung, Längsabmessung) oder nach der Hauptabmessung c (maximale Kleinstabmessung, Dicke) klassiert werden.

[0043] Vorzugsweise wird für eine Klassierung nach der Hauptabmessung a für die Öffnungsgeometrie in der x-z-Klassierebene eine quadratische Öffnung 3 verwendet, wie dies in Fig. 6a, 6b (Schnittansicht (Fig. 6a) und Draufsicht (Fig. 6b)) dargestellt ist. Für eine Klassierung nach der Hauptabmessung c (Dicke) wird vorzugsweise eine rechteckige Öffnungsgeometrie für eine Durchtrittsöffnung 4 in der x-z-Klassierebene vorgesehen. In beiden Fällen entscheidet ein Abstand w_y über ein Durchtreten des Partikels 1 durch die Siebgeometrie.

[0044] Nachfolgend wird eine Funktionsweise der dreidimensionalen (3D)-Öffnungsgeometrie des Siebbelages 2 bei einer Klassierung nach der Hauptabmessung a bzw. c in Fig. 7 am Beispiel eines Ellipsoiden ($a > b > c$) gezeigt.

[0045] Wie Fig. 7a verdeutlicht, kippt bei Verwendung einer quadratischen Öffnungsgeometrie in der x-z-Ebene zur Klassierung nach der Hauptabmessung a der Partikel 1 über eine Kante 5 in die x-z-Ebene hinein, da er unter der Voraussetzung, dass $a > b$ ist, gezwungen wird, mit seiner Hauptabmessung b (Breite) durch die x-z-Ebene (Klassierebene) zu fallen. Der Partikel 1 trifft anschließend auf eine Ebene 6, die durch dreiseitiges Einschneiden und Abwinkeln einer die quadratische Öffnung der Durchtrittsöffnung bestimmenden Lasche bei Herstellung der Siebeinrichtung 2 aus

einem Lochblech gebildet ist (vgl. Fig. 6) und berührt neben dieser Ebene 6 weiterhin die Kante 5. Eine Abmessung w_{min} als senkrechte Abmessung zwischen der Kante 5 und der Ebene 6 entscheidet über die Wahrscheinlichkeit des Durchtretens des Partikels 1. Es treten nur diejenigen Partikel 1 durch die gebildete dreidimensionale Durchtrittsöffnung, die die Voraussetzung $a < w_{min}$ (vgl. auch Fig. 7b) unter Berücksichtigung des Partikelschwerpunktes S, die Wirkrichtung der verwendeten Schwingungsform (Kraftwirkungsrichtung) und der herrschenden Reibverhältnisse erfüllen.

[0046] Eine Funktionsweise der 3D-Siebgeometrie bei einer Klassierung nach der Hauptabmessung a bzw. nach der Hauptabmessung c ist in Fig. 8 am Beispiel eines Ellipsoiden mit a > b >c gezeigt.

[0047] Fig. 8 verdeutlicht die Funktion einer Klassierung nach der Hauptabmessung a mit dreidimensionaler Öffnungsgeometrie der Durchtrittsöffnung 3, wiederum mit einer quadratischen Öffnungsgeometrie (vgl. Fig. 8a) in der x-z-Ebene (Klassierebene), wobei der Partikel 1 aufgrund einer Position seines Schwerpunktes S über die Kante 5 (w_z) in die x-z-Ebene hineinkippt. Unter der Voraussetzung, dass a > b ist, wird der Partikel 1 gezwungen, mit der Hauptabmessung b (Breite) durch die x-z-Ebene (Klassierebene) zu fallen. Der Partikel 1 trifft anschließend auf die abgewinkelte Ebene 6 und berührt nicht nur diesen partiell ausgeschnittenen und abgewinkelten Teil eines die Klassierebene bildenden Lochbleches 2, sondern berührt außerdem die in Fig. 6b mit w_z bezeichnete Kante 5 sowie die hierzu 90° versetzt angeordneten Kanten w_x der Durchtrittsöffnung (vgl. Fig. 6b), d.h. der Partikel 1 wird durch drei Berührungspunkte gestützt.

[0048] Das Maß der Abwinkelung der Ebene 6, d.h. die Abmessung w_{min} als senkrechter Abstand zwischen der Kante 5 (w_z) und der Ebene 6, die Lage des Schwerpunktes S, ein Reibkoeffizient der Materialpaarung Partikel 1/Klassier- oder Siebbelag 2 und eine Wirkrichtung der verwendeten Schwingform des Schwingsiebes entscheiden über das Durchtreten des Partikels 1.

[0049] Für das Durchtrittsverhalten der Partikel 1 gibt es in Abhängigkeit der vorangestellt genannten Parameter zwei Möglichkeiten. Liegt der Schwerpunkt des Partikels 1 wie in Fig. 8a dargestellt über der Kante 5, wird der Partikel 1 in Abhängigkeit seiner Länge, der Kraftwirkungsrichtung der Schwingung und der herrschenden Reibverhältnisse ausgeworfen. Liegt der Schwerpunkt des Partikels 1 wie in Fig. 8a2 dargestellt unter der Kante 5, tritt der Partikel 1 in Abhängigkeit seiner Länge, der Kraftwirkungsrichtung der Schwingung und der herrschenden Reibverhältnisse durch die 3D-Quadratöffnungsgeometrie.

[0050] Bei Verwendung einer rechteckigen Öffnungsgeometrie in der x-z-Ebenen zur Klassierung nach der Hauptabmessung c (vgl. Fig. 8b) kippt der Partikel 1 aufgrund einer Lage seines Schwerpunktes S über die Kante 5 (w_z) in die x-z-Ebene hinein, da sich seine Hauptabmessung a an der Kante 5 (w_z) unter der Voraussetzung $w_z > w_x$ ausrichtet (s. Fig. 6d).

[0051] Auch hier entscheidet eine Abmessung w_{min} (vgl. Fig. 8b) als senkrechter Abstand zwischen der Kante 5 (w_z) und der Ebene 6, die Lage des Schwerpunktes S, der Reibungskoeffizient der Materialpaarung Partikel 1/Klassier- bzw. Siebbelag 2 und eine Wirkrichtung der verwendeten Schwingform (bei Ausführung der Siebeinrichtung als Schwingsieb) über das Durchtreten des Partikels 1 durch die Durchtrittsöffnungen 3 des Siebes. Es treten nur diejenigen Partikel 1 durch die Siebgeometrie, die die Voraussetzung $c < w_{min}$ erfüllen (vgl. Fig. 8b).

[0052] Die Fig. 9 und 10 verdeutlichen in dreidimensionaler, schematischer Darstellung, das Verhalten der Partikel 1 in Verbindung mit unterschiedlichen Öffnungsgeometrien der Siebeinrichtung 2 für die beiden Partikelbewegungen "Gleiten" und "Wurf" (vgl. Fig. 4).

[0053] In den Figuren ist das Durchtrittsverhalten in Abhängigkeit der Öffnungsgeometrie für nadelförmige Produkte, quaderförmige Produkte und plattenförmige Produkte, d.h. für die Klassierung nach einer Hauptabmessung a, b, oder c, dargestellt. Basierend auf den vorerläuterten Ausführungsformen kann mit Hilfe der Parameter, Öffnungsgeometrie der Siebeinrichtung 2 und Partikelbewegung ("Gleiten" und "Wurf", vgl. Fig. 4) eine verfahrenstechnische Auswahl für die mögliche Klassierung getroffen werden.

[0054] Fig. 11a,b verdeutlicht in schematischer Darstellung das Wirkprinzip der "zweifachen seriellen Klassierung" mit einer ersten Klassierstufe (Fig. 11a) für die Klassierung nach einer maximalen Länge a, wobei als Siebeinrichtung 2 schematisch ein Lochblech 8 mit runder Durchtrittsöffnung 3 dargestellt ist. Der Durchmesser der Durchtrittsöffnung 3 ist mit d_{Loch} bezeichnet, der die entsprechende maximalen Länge a der Partikel 1, in der ersten Klassierstufe bestimmt. Das Lochblech 8 kann durch die in Fig. 12 dargestellten Schwingungsformen Ellipsen-, Linear- und Planschwingung zur Ausbildung eines Schwingsiebes angeregt sein, wobei dieser ersten Klassierstufe eine zweite Klassierstufe (Fig. 11b) folgt, in der eine Klassierung nach der Partikeldicke, d.h. in Richtung der kleinsten Ausdehnung c (hier mit c bezeichnet) erfolgt. Vorzugsweise kann hierbei eine Klassierung durch einen Stabrost 7 oder ein Langmaschengewebe als Siebeinrichtung 2 verwendet werden. Ein Stababstand des Stabrostes 7 ist mit Δs bezeichnet, der die entsprechende Hauptabmessung c der Partikel 1, in der zweiten Klassierstufe bestimmt.

[0055] Mit Bezug auf Fig. 2 (Klassiervarianten) werden für jede der Varianten (s. Fig. 2, Spalte 5) die verfahrenstechnischen Realisierungsmöglichkeiten, basierend auf den Parametern "Partikelbewegung" und "Öffnungsgeometrien", wie in Fig. 9 und 10 dargestellt, ermittelt.

[0056] Die Klassiervarianten betreffen jeweils die zeitliche und/oder räumliche Abfolge des ersten und zweiten Klassierschrittes für eine bevorzugte zweifache serielle Klassierung in Abhängigkeit von der jeweiligen Hauptabmessung im

ersten und/oder zweiten Klassierschritt.

[0057] Wie dargelegt werden die verfahrenstechnischen Realisierungsmöglichkeiten für Ausführungsbeispiele der Erfindung in Abhängigkeit von der Partikelbewegung (Wurf oder Gleiten, vgl. Fig. 4, 9, 10) sowie von der Öffnungsgeometrie für zweidimensionale Durchtrittsöffnungen (Rundloch, Langloch) bzw. für dreidimensionale Öffnungsgeometrien (3D-Quadrat, 3D-Rechteck) ausgewählt. Die nachfolgend erläuterten Ausführungsbeispiele beziehen sich auf die Kurzbezeichnung aus Fig. 2 (rechte Spalte 5).

[0058] Für die Variante "NI", d.h. für die serielle Klassierung nach der Nadeligkeit mit erster Klassierung nach der Hauptabmessung a und zweiter Klassierung nach der Hauptabmessung b (Länge und Breite) besteht nur für eine Gleitbewegung der Partikel 1 mit S_{v1} und einer Rundloch-Siebgeometrie im ersten Klassierschritt und für eine Wurfbewegung der Partikel 1 mit Rundlochgeometrie und $S_v>1$ bei Klassierung nach der Breite beim zweiten Klassieren im Bereich zweidimensionaler Öffnungsgeometrien der Siebeinrichtung 2 eine bevorzugte Verfahrensoption.

[0059] Hinsichtlich einer dreidimensionalen Siebgeometrie bzw. Öffnungsgeometrie der Durchtrittsöffnungen 3 besteht eine bevorzugte verfahrenstechnische Option für die Partikelbewegung "Wurf" und "Gleiten" jeweils bei quadratischen Sieböffnungen, allerdings nur für den ersten Klassierschritt.

[0060] Zusammenfassend kommt daher für die Klassiervariante NI nur eine Rund- bzw. Quadratlochgeometrie der Durchtrittsöffnungen 3 mit einer Gleitbewegung der Partikel 1 im ersten Klassierschritt und einer Wurfbewegung für den zweiten Klassierschritt (mithin getrennte Siebeinrichtungen 2 mit unterschiedlichen Antriebsbewegungen), oder aber eine Ausführung der Siebeinrichtung 2 mit einer dreidimensionalen Öffnungsgeometrie und quadratischen Durchtrittsöffnungen 3 im ersten Klassierschritt, sowohl für eine Wurf- als auch eine Gleitbewegung der Partikel 1, in Kombination mit Rund- bzw. Quadratloch-Durchtrittsöffnungen 3 und einer Wurfbewegung für das Schwingsieb 2, in einem zweiten Klassierschritt als bevorzugte Ausführungsformen in Betracht. Bei Anwendung einer Wurfbewegung kann in diesem Fall für die Variante NI also auch eine integrale Siebeinrichtung 2 mit erster Klassierung nach der Hauptabmessung a und zweiter Klassierung nach der Hauptabmessung b auf einem Deck verwendet werden.

[0061] In entsprechender Weise besteht für die Variante NII, d.h. wiederum eine serielle Klassierung nach der Nadeligkeit jedoch mit umgekehrter Reihenfolge der Klassierschritte, d.h. zunächst Klassierung nach der Breite der Partikel 1 (Hauptabmessung b) und anschließender Klassierung nach der Hauptabmessung a (Länge), eine bevorzugte Verfahrenskombination in der Verwendung einer Rundlochgeometrie und einer Wurfbewegung für die Siebeinrichtung 2 in Kombination mit einer Gleitbewegung für die Partikel 1 im zweiten Klassierschritt mit separater Siebeinrichtung 2 mit Gleitbewegung der Partikel 1 und runde oder rechteckiger Öffnungsgeometrie der Durchtrittsöffnungen 3. Neben dieser bevorzugten Verfahrenskombination im Bereich zweidimensionaler Öffnungsgeometrien besteht zusätzlich in Verbindung mit der zuvor erläuterten Ausführung des Verfahrens im ersten Klassierschritt die Möglichkeit, die Klassierung im zweiten Klassierschritt (damit nach Hauptabmessung a) mittels dreidimensionaler Öffnungskonfigurationen der Siebeinrichtung 2 sowohl für Wurf- oder Gleitbewegung der Partikel 1 zu bewirken.

[0062] Auch hier besteht damit also die Möglichkeit einer integralen Siebeinrichtung 2 für die erste und zweite Klassierung im Hinblick auf einen Siebantrieb, der den Partikeln 1 eine Wurfbewegung verleiht bzw. bei separater Ausbildung der zweiten Siebeinrichtung 2 und getrennter Durchführung der zweiten Klassierung auch die Möglichkeit, diese Klassierung auch mittels Gleitbewegung der Partikel 1 zu realisieren.

[0063] Eine weitere Klassiervariante RI klassiert die Partikeln nach der Kubizität der Partikel 1 in der Kombination Klassierung nach der Hauptabmessung a (erste Klassierung) und anschließender Klassierung nach der Hauptabmessung c (Dicke; vgl. Fig. 1). Hierbei kann beispielsweise mit einer schräggestellten, feststehenden Siebeinrichtung 2 zur Einrichtung einer Gleitbewegung der Partikel 1 und Ausbildung der Siebeinrichtung 2 mit einer Rundlochgeometrie für den ersten Klassierschritt und einer Langlochgeometrie für den zweiten Klassierschritt das Klassieren nach der Kubizität erreicht werden, alternativ ist die Klassierung nach der Dicke auch in einer Wurfbewegung mit Langlochgeometrie der Durchtrittsöffnungen 3 bevorzugt zu erreichen.

[0064] Alternativ hierzu ist eine entsprechende Kombination auch bei Ausbildung der Siebeinrichtung 2 für den zweiten Klassierschritt als dreidimensionale Öffnungsgeometrie mit rechteckigen Durchtrittsöffnungen 4 für eine gemeinsame Gleitbewegung der Partikel 1 im ersten oder zweiten Klassierschritt möglich. Alternativ ist eine solche Gleitbewegung auch in dreidimensionaler Öffnungsgeometrie im ersten Klassierschritt (Klassierung nach Hauptabmessung a) für eine Wurf- oder Gleitbewegung bei quadratischer Durchtrittsöffnung 3 bevorzugt verfahrenstechnisch umsetzbar, wie auch die Kombination dreidimensionaler Öffnungsgeometrien mit quadratischen Öffnungen 3 in Wurf- oder Gleitbewegung der Partikel 1 mit gleichem Bewegungsregime im zweiten Klassierschritt bei rechteckigen Durchtrittsöffnungen 4 (vgl. Fig. 5 und 6).

[0065] Weitere Klassiervarianten gemäß Fig. 2 für die serielle Klassierung nach der Kubizität unter Vertauschung der Klassierschritte 1 und 2 sind die Variante RII sowie die beiden Verfahrensvarianten bei Klassierung nach der Plattigkeit für die Varianten PI und PII, woraus sich zugleich (wie vorstehend erläutert) entsprechende konstruktive Ausgestaltungen für die Siebeinrichtungen einerseits, sowie hinsichtlich gemeinsamer oder getrennter Schwingantriebe andererseits, ergeben.

[0066] Aus einer Kombination aus verfahrenstechnischen Vorzugsvarianten mit konstruktiven Lösungsvarianten hin-

sichtlich möglicher Schwingungsformen für die Siebeinrichtung (vgl. Fig. 12) bzw. zugehöriger Anstellwinkel α, z. B. für feststehend angeordnete, schräggestellte Siebe und der möglichen Kopplung des ersten und zweiten Klassierschrittes, sind bevorzugte konstruktive Ausgestaltungen für eine Sortiermaschine bzw. für Sortierabläufe in Abhängigkeit von dem gewünschten Sortierergebnis (Klassieren nach der Form auf der Basis von Hauptparametem des Partikels) zu gewinnen.

[0067] Grundsätzlich wird hinsichtlich der Schwingungsgeometrien auf die Fig. 12 Bezug genommen.

[0068] Hierbei wird der Parameter "Anstellwinkel α" durch zwei Möglichkeiten definiert. Entweder ist die Siebebene (Klassierebene) unter einem bestimmten Winkel angestellt bzw. schräggestellt, dann ist $\alpha > 0$ oder die Siebebene bzw. Klassierebene ist horizontal angeordnet, dies wird mit $\alpha = 0$ bezeichnet. Dabei wird eine Kombination von Anstellwinkel und Schwingungsform dann als bevorzugt angesehen, wenn durch die Kombination von Schwingung und/oder Anstellwinkel ein Transport der Partikel 1 als Aufgabegut in der Klassierebene (entlang der Siebebene) gewährleistet ist.

[0069] Wie bereits erläutert, besteht ein drittes Element für die vorteilhafte Ausgestaltung des Sortierverfahrens in der Möglichkeit die erste Klassierung und die zweite Klassierung ggf. mit einer gemeinsamen Siebeinrichtung integral einstückig auszuführen (was den Bau kompakter Sortiermaschinen zulässt), wobei unter Berücksichtigung der untersuchten Parameter Öffnungsgeometrie der Durchtrittsöffnungen und Partikelbewegung (Wurf oder Gleiten) für eine integrale Siebeinrichtung, die abschnittsweise beide Klassierschritte ausführen kann, grundsätzlich nur solche Konfigurationen in Betracht kommen, die die Verwendung der gleichen Schwingungsform bzw. Anregungsform für den Partikeltransport in der Klassierebene zulassen (gleiche Schwingungsform).

[0070] Eine Ausnahme besteht hier nur in der Verwendung einer Kreis- und Teilkreisschwingung im gekoppelten Betrieb, welche unter Kombination aus zwangsgeführter Kreisschwingung und Koppelstange realisiert werden kann. Eine solche Ausführungsform ist als mechanisches Ersatzschaltbild in Fig. 13 dargestellt. Hierbei kann die Siebeinrichtung 2 einerseits (Anlenkungspunkt A) durch eine Kreisschwingung angeregt werden, während der Siebeinrichtung 21 an ihrem anderen Ende (Anlenkpunkt B) eine Ellipsen- oder Bogenschwingung mittels entsprechender Anlenkung eines Koppelstabes 10 mit Schwingung in Pfeilrichtung verliehen wird.

[0071] In einem solchen Fall kann die Siebeinrichtung 2 ebenfalls zwei Klassierbereiche für eine erste Klassierung im linken Bereich und eine zweite Klassierung im rechten Bereich der Siebeinrichtung 2 enthalten.

[0072] Die Kombination der konstruktiven Voraussetzungen, verbunden mit verfahrenstechnischen Lösungsbedingungen, ermöglichen eine bevorzugte Auswahl von Verfahrensführungen und Konstruktionsvarianten für die verfahrens- und vorrichtungstechnische Auslegung von Sortiermaschinen nach bevorzugten Ausführungsbeispielen, die zumindest eine erste und zweite Klassierung, die zum Erhalt von sortierten Fraktionen von Partikeln definierter Partikelform führen.

[0073] Es wird an dieser Stelle nochmals betont, dass die erste und zweite Klassierung auch in großem zeitlichen oder räumlichen Abstand durch Einzelaggregate ausgeführt werden können (bis hin zur manuellen Ausführung in Verbindung mit kleinen Aufgabemengen), wobei in der Kombination der ersten und zweiten Klassierung stets das gewünschte Sortierergebnis nach der Kornform und, je nach Wunsch, nach einer der drei Hauptabmessungen der Partikel erreicht wird.

[0074] An die zweite Klassierung kann sich auch eine dritte Klassierung nach der Kornform oder eine weitere Sortierung nach anderen Partikeleigenschaften oder Parametern anschließen, was besonders bei Partikelgemischen aus unterschiedlichen Materialien von Bedeutung sein kann. Es kann also auch eine Kombination von seriellen Klassieren (= Sortieren nach der Kornform) mit mindestens zwei Klassierstufen in Kombination mit Sortieren nach anderen Partikelparametem oder -eigenschaften erfolgen. Vorzugsweise wird zur Verringerung des Korngrößeneinflusses, der den Komformeffekt und damit den Sortiereffekt in negativer Weise überlagert, durch den ersten Klassierschritt eine Fraktionierung durchgeführt bzw. wird diese Fraktionierung mit dem ersten Klassierschritt kombiniert.

[0075] Die aus der vorgenannten Verbindung der verfahrenstechnisch bevorzugten Lösungswege mit den konstruktiv möglichen bzw. bevorzugten Lösungswegen, führt zur Bildung von technisch umsetzbaren Lösungen.

[0076] Auch vor dem ersten Klassieren, ggf. in Einheit mit der Klassierung nach der Partikelgröße (Fraktionieren), können Sortierungen nach anderen Parametern der Partikel, wie Dichte, elektrische oder thermische Leitfähigkeit o. dgl. vorgenommen werden. Das zweifache serielle Klassieren kann also in Prozessführungen anderer Art eingebunden sein, in kontinuierlichen oder unterbrochenen, abschnittsweisen Verfahrensführungen.

[0077] In Fig. 14 ist nochmals korrespondierend zu der Darstellung des Wirkprinzips der "zweifache seriellen Klassierung" zur "Fraktionierung" des partikulären Aufgabegutes 1 in eine nadelige, kubische oder plattige "Fraktion" schematisch eine Siebeinrichtung 2 mit einem Lochblech 8 als Siebeinrichtung 2 in der ersten Klassierstufe (Klassierung in Längenklassen) und daran anschließend ein Stabrost 7 als Siebeinrichtung 2 in der zweiten Klassierstufe zur Klassierung in Dickenklassen gezeigt, so dass im Ergebnis eine Sortierung nach der Kubizität erfolgt (Klassierung nach den Hauptabmessungen a und c), wobei die Siebeinrichtung 2 hier über einen Linearschwinger angeregt wird.

[0078] Fig. 15 verdeutlicht schematisch ein verfahrenstechnisches Modell mit Aufgabe und Klassierung in Längenklassen in der ersten Klassierstufe sowie Klassierung in Dickenklassen in der zweiten Klassierstufe zum Erhalt einer nichtkubischen Fraktion im Siebunterlauf, während im Sieboberlauf eine kubische Fraktion erhalten wird, die ggf. einer weiteren Klassierung zugeführt wird.

[0079] In diesem Fall dient der erste Klassierschritt auch dazu, den Korngrößeneinfluss, der den Kornformeffekt und

somit den Sortiereffekt häufig in negativer Weise überlagert, zu minimieren, so dass die erste Klassierstufe zugleich eine Fraktionierung des Aufgabegutes 1 (hier in zwei Fraktionen) wirkt.

[0080] Die nachfolgenden Figuren beschreiben bevorzugte Ausführungsbeispiele für Sortiervorrichtungen (Sortiermaschinen), jeweils unterschieden in ihrer Sortierung nach der Nadeligkeit, Kubizität oder Plattigkeit und je nach Bauweise mit Durchführung des ersten und zweiten Klassierschrittes auf einer Siebeinrichtung 2 oder auf zwei getrennten Siebeinrichtungen 2.

[0081] Fig. 16 bis 18 verdeutlichen eine Sortiermaschine 10 für Sortierung nach der Nadeligkeit, d.h. nach den Abmessungen a und b, wobei beide Klassierschritte auf einem Deck, d.h. mit einer integralen Siebeinrichtung 2 durchgeführt werden. Die Siebeinrichtungen 2 in der Sortiermaschine bzw. Sortiervorrichtung 10, die sich in einem Gehäuse 11 befinden, das über Stützfedern 12 federgelagert ist, weisen hierbei 3D-Quadratlöcher 3 in Verbindung mit Rundlöchern 13 eines Lochbleches 8 auf. Es sind drei Fraktionen im Bereich des ersten Klassierschrittes (3D-Quadratlöcher 3) vorgesehen, wobei eine Materialaufgabe bei 14 vorgesehen ist.

[0082] Die in Fig. 16 bis 18 dargestellte Sortiermaschine 10 besteht aus drei übereinander angeordneten Klassierebenen für Grob-, Mittel- und Feingut. Die Siebeinrichtung 2 bildet eine Siebfläche für die Längsabmessung a der Partikel 1. Im zweiten Klassierschritt wird mit Hilfe der der Rundlöcher 13 nach der Partikelbreite b klassiert.

[0083] Von den entsprechenden Decks 15 bis 17, mit dem nach Nadeligkeit klassierten Grobgut, Mittelgut und Feingut, gelangt dieses in ein Gehäuse 18 eines Produktaustrages, in dem sich die Austragschurren 19 bis 21 für das nicht-nadelige Grob-, Mittel- und Feingut befinden, ebenso wie die entsprechenden Austragschurren 22 bis 24 für das nadelige Grobgut, Mittelgut und Feingut.

[0084] Mit 25 ist ein Unterkornaustrag bezeichnet.

[0085] In der schematischen Seitenansicht des Gehäuses für den Produktaustrag ist ein Austrag für nadeliges Material mit 26 und ein Austrag für nicht-nadeliges Material mit 27 bezeichnet. In diesem Fall wird also das nach der Nadeligkeit sortierte Grob-, Mittel- und Feingut wieder zusammengeführt. Es ist selbstverständlich auch möglich, die Fraktionen beizubehalten und eine gemeinsame Zusammenführung in dem Austrag 26 (bzw. 27) zu vermeiden.

[0086] In den Fig. 19 bis 21 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine Sortiervorrichtung bzw. Sortiermaschine 10 nach der Nadeligkeit schematisch gezeigt, wobei hier die erste und zweite Klassierstufe voneinander getrennt sind und auf zwei Decks, d.h. zwei jeweils für jede Fraktion getrennten Siebeinrichtungen 2 durchgeführt wird.

[0087] In diesem Fall werden jeweils als Lochblech 8 ausgestaltete Siebeinrichtungen 2 in der ersten und zweiten Klassierstufe verwendet.

[0088] Auch hier sind wieder drei Fraktionen (Grobgut, Mittelgut und Feingut) gebildet.

[0089] Im übrigen wird auf die Beschreibung zu der Ausführung mit integraler Siebeinrichtung verwiesen.

[0090] In den Fig. 22 bis 24 ist eine Sortiermaschine 10 bzw. Sortiervorrichtung 10 für eine Sortierung nach der Kubizität in schematischer Darstellung gezeigt.

[0091] Die integrale Siebeinrichtung 2 ist hierbei als Lochblech 8 in Verbindung mit einem Stabrost 7 ausgebildet. Auch hier sind wieder drei Fraktionen gebildet und es erfolgt zunächst eine Sortierung in Grob-, Mittel- und Feingut nach der Kubizität, so dass Austrag 26 nichtkubisches Material, in dem Austrag 27 kubisches Material in Zusammenführung der drei Fraktionen gebildet und abgeführt werden kann.

[0092] Auch hier kann selbstverständlich auf eine Zusammenführung der Fraktionen Grob-, Mittel- und Feingut verzichtet werden und jeweils das nach der Kubizität und nach der Partikelgröße sortierte Material aus der Sortiervorrichtung abgeführt werden.

[0093] In entsprechender Weise wie für die Sortiervorrichtung bzw. Sortiermaschine 10 nach der Nadeligkeit gemäß den Fig. 19 bis 21 ist auch in den Fig. 25 bis 27 eine Sortierung nach der Kubizität auf zwei Decks, d.h. unter Auftrennung des ersten und zweiten Klassierschrittes auf zwei Siebeinrichtungen 2 dargestellt. Im Übrigen bezeichnen gleiche Bezugszeichen die gleichen Elemente wie in den vorangegangenen Ausführungsbeispielen ab Fig. 16.

[0094] Schließlich ist eine entsprechende Darstellung in den Fig. 28 bis 30 für eine Sortierung in drei Größenfraktionen nach der Plattigkeit mit einem Lochblech und 3D-Rechtecköffnungen im ersten und zweiten Klassierschritt mittels einer integralen einheitlich Siebeinrichtung 2 gebildet, während in den Figuren 31 bis 33 eine Sortierung nach der Plattigkeit unter Verteilung des ersten und zweiten Klassierschrittes auf zwei getrennte Siebeinrichtungen 2 gezeigt ist. Auch hier wird wieder hinsichtlich der einzelnen Elemente auf die vorangegangenen Erläuterungen mit den entsprechenden Bezugszeichen verwiesen.

[0095] Durch die Erfindung ist eine vorteilhafte Sortierung von Partikeln nach der Partikelform möglich, die zu wesentlich effizienteren Sortierprozessen und optimierten oder vollkommen neuen Materialeigenschaften führt. So kann etwa eine deutlich verbesserte Packungsdichte als auch Isotropie oder Anisotropie bei Verwendung von geeigneten vorsortierten Partikeln erzielt werden. Die Verarbeitbarkeit oder Reaktionsfähigkeit von Partikeln lässt sich ebenso modifizieren. Darüber hinaus kann die Förderfähigkeit von Materialien deutlich verbessert werden, wenn vorher eine vorteilhafte Sortierung von Partikeln gemäß der Erfindung vorausgegangen ist.

[0096] Die Erfindung kommt zum Einsatz unter anderem, aber nicht ausschließlich, für Sortierprozesse in der Landwirtschaft wie etwa bei der Ernte und Weiterverarbeitung von Obst, Gemüse, Beeren und Getreide, bei Saatgut, Dün-

gemitteln, Futtermitteln, Gewürzen, Kaffeebohnen, Nüssen, Tabak, Tee, Eiern oder anderen tierischen Produkten, sowie Fisch, Fleisch oder (Zwischen)Produkten daraus, sowie anfallenden Abfall- oder Nebenprodukten; in der Industrie für die Reinigung bzw. Verarbeitung von Rohstoffen wie Splitt, Schotter, Erzen, Kohlen, Salze, Holzwerkstoffen sowie Halbzeugen oder Zwischenprodukten, natürlichen oder synthetischen Schüttgüter oder Pulver wie etwa Kalk, Zement, Fasern, Koks, Naturgraphit, synthetischer Graphit, Kunststoffe sowie deren Zuschlagsstoffe, Verbundwerkstoffe, Keramik, Glas, Metall, Holzspäne, Zuschlagsstoffe für industrielle Prozesse, Strahl- oder Poliermittel, Schrauben, Nägel, Münzen, Edelsteine, Halbedelsteine, Schrott, Recyclate oder andere Abfallströme, Schüttgüter oder Pulver in der Chemie- oder Pharmaindustrie, wie etwa Waschpulver, Pigmente, Schüttungen für Reaktoren, Katalysatoren, medizinische oder kosmetische Wirk- und Hilfsstoffe oder Tabletten.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Sortieren von Partikeln (1), wobei in einer zeitlichen und/oder räumlichen Abfolge Partikel in zumindest zwei Klassierstufen nach ihrer Partikelgeometrie sortiert werden, wobei zur Sortierung der Partikel (1) nach ihrem Parameter Nadeligkeit (Längen-/Breitenverhältnis) während der ersten Stufe eine Klassierung der Partikel (1) nach einer maximalen Partikelausdehnung (a) erfolgt und während der zweiten Stufe eine Klassierung der Partikel nach der zur maximalen Partikelausdehnung (a) im Wesentlichen senkrechten, mittleren Partikelausdehnung (b) erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Sortierung durch zwei- oder dreidimensionale Klassierung erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Klassierung in einer schwingenden oder nicht-schwingenden, Klassierebene erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Klassierebene geneigt ist.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Klassierebene rechteckförmige und/oder elliptische Durchtrittsöffnungen aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Klassierebene quadratische und/oder kreisförmige Durchtrittsöffnungen aufweist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Partikel (1) im Bereich der Durchtrittsöffnungen (3; 4) entlang einer geneigten Ebene (6) geführt werden.

8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Durchtrittsöffnung durch einen vertikalen Abstand der Ebene von einer gegenüberliegenden, die Durchtrittsöffnung begrenzenden Kante (5) in der Klassierebene bestimmt wird.

9. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** anschließend zur Sortierung der Partikel (1) nach ihrem Parameter Kubizität (Längen-/Dickenverhältnis) eine Klassierung der Partikel (1) nach der zur maximalen und mittleren Partikelausdehnung (a, b) im Wesentlichen senkrechten, minimalen Partikelausdehnung (c) oder anschießend zunächst zur Klassierung der Partikel (1) nach ihrem Parameter Plattigkeit (Breite-/ Dickenverhältnis) eine Klassierung der Partikel (1) und der zur maximalen Partikelausdehnung (a) senkrechten, mittleren Partikelausdehnung (b) und dann eine Klassierung der Partikel (1) nach der zur maximalen und mittleren Partikelausdehnung im Wesentlichen senkrechten, minimalen Partikelausdehnung (c) erfolgt.

10. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Klassierung der Partikel (1) jeweils durch Siebung erfolgt.

11. Vedahren nach Ansprüch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sortieren der Partikel (1) durch Klassieren in zumindest einer Klassierebene mit einer bewegten oder unbewegten Siebeinrichtung (2) und vorbestimmten Öffnungsgeometrien von Durchtrittsöffnungen erfolgt.

12. Verfahren nach Ansprüche 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sortieren durch Klassieren der Partikel (1) mit einem bewegten Sieb durch Kreis-, Ellipsen-, Linear- oder Planschwingung oder mit einem unbewegten Sieb mit einer geneigten Siebebene erfolgt.

13. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Klassierung der Partikel (1) mittels Sieben mit Durchtrittsöffnungen vorbestimmter Öffnungsgeometrien erfolgt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnungsgeometrien Rundloch, Langloch, 3D-Quadratloch oder 3D-Langloch sind, auch in Kombination miteinander.

15. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Schwingfrequenz und/oder eine Amplitude eines Schwingsiebes partikelspezifisch zur Einstellung einer vorbestimmten Partikelbewegung eingestellt werden.

16. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sortieren durch Klassieren der Partikel (1) nach der maximalen Partikelausdehnung (a) mit einem vorbestimmten Rundloch, Langloch, 3D-Quadratloch oder einem 3D-Rechteckloch durchgeführt wird.

17. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sortieren durch Klassieren der Partikel (1) nach der zur maximalen Partikelausdehnung (a) im Wesentlichen senkrechten, mittleren Partikelausdehnung (b) mit einem vorbestimmten Rundloch, durchgeführt wird.

18. Verfahren nach Ansprüche 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sortieren durch Klassieren der Partikel (1) nach der zur maximalen Partikelausdehnung (a) im Wesentlichen senkrechten, minimalen Partikelausdehnung (c) mit einem vorbestimmten Langloch oder 3D-Rechteckloch durchgeführt wird.

19. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Sortieren der Partikel (1) ein Fraktionieren vorausgeht.

20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** Partikel (1) unterschiedlicher Fraktionen parallel in einer gemeinsamen Einrichtung durch Klassierung sortiert werden.

21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Fraktionieren der Partikel (1) gemeinsam mit einem ersten Sortieren durch Klassieren erfolgt.

22. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sortieren in zumindest zwei Klassierstufen einer gemeinsamen Sortiereinrichtung (2) erfolgt.

23. Verfahren nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sortieren für beide Klassierstufen mit einem, insbesondere gemeinsamem Lochblech erfolgt.

24. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sortieren in zumindest zwei Klassierstufen mit separaten Sortiereinrichtungen (2) in separaten Gehäusen (11) erfolgt.

25. Verfahren nach Ansprüche 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sortieren durch Klassieren der Partikel (1) nach der zur maximalen Partikelausdehnung (a) im Wesentlichen senkrechten minimalen Partikelausdehnung (c) mit einem Stabrost mit einem vorbestimmten Stababstand (Δs) oder einem Langmaschengewebe mit einem vorbestimmten Maschenabstand (Δs) als Siebeinrichtung (2) durchgeführt wird.

26. Vorrichtung zum Sortieren von Partikeln (1) eines Aufgabegutes nach ihrem Parameter Nadeligkeit (Längen-/ Breitenverhältnis) mit einer Klassierungseinrichtung zum Klassieren der Partikel (1), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 25,

- mit einer ersten Klassierungseinrichtung zum Klassieren der Partikel (1) nach einer maximalen Partikelausdehnung (a), und
- einer zweiten Klassierungseinrichtung,

dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Klassierungseinrichtung eine Klassierungseinrichtung zur Klassierung der Partikel nach einer zur maximalen Partikelausdehnung (a) Wesentlichen senkrechten, mittleren Partikelausdehnung (b) ist.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, **gekennzeichnet durch** eine dritte Klassierungseinrichtung zum Klassieren der

Partikel (1) nach einer zur maximalen und mittleren Partikelausdehnung im Wesentlichen senkrechten, minimalen Partikelausdehnung (c).

28. Vorrichtung nach Anspruch 26 oder 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine zeitliche und/oder örtliche Reihenfolge der Klassierungseinrichtungen variabel ist.

29. Vorrichtung nach Anspruch 27 **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und/oder zweite und/oder dritte Klassierungseinrichtung eine erste und/oder zweite und/oder dritte Siebeinrichtung (2) ist.

30. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 26 bis 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei Klassierungseinrichtungen integral ausgeführt sind.

31. Vorrichtung nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest zwei Klassiereinrichtungen durch eine integrierte Siebeinrichtung mit Durchtrittsöffnungen unterschiedlicher Offnungsgeometrie gebildet wird.

32. Vorrichtung nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche 26 bis 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei Klassierungseinrichtungen getrennt voneinander ausgeführt sind.

33. Vorrichtung nach Anspruch 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest zwei Klassiereinrichtungen durch separate Siebeinrichtungen (2) mit Durchtrittsöffnungen (13) gleicher oder unterschiedlicher Öffnungsgeometrie gebildet sind.

34. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 26 bis 33, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Klassierungseinrichtungen als Siebeinrichtungen Kreis-, Ellipsen-, Linear- oder Planschwinger sind oder eine feststehende Klassierungsebene durch eine geneigt angeordnete Siebeinrichtung gebildet ist.

35. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 26 bis 34, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine Klassierungseinrichtung eine Siebeinrichtung (2) mit Durchtrittsöffnungen vorbestimmter Öffnungsgeometrien ist.

36. Vorrichtung nach Anspruch 35, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnungsgeometrien Rundloch (13), Langloch, 3D-Quadratloch (3) oder 3D-Langloch (4) sind.

37. Vorrichtung nach Anspruch 35 oder 36, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnungsgeometrien in Kombination miteinander vorgesehen sind.

38. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 26 bis 37, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine Klassierungseinrichtung eine als Schwingsieb ausgebildete Siebeinrichtung (2) ist, mit einer Schwingfrequenz und/oder Amplitude, die produktspezifisch zur Einstellung einer vorbestimmten Partikelbewegung.

39. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 26 bis 38, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Klassierungseinrichtung zur Klassierung der Partikel nach einer maximalen Partikelausdehnung (a) eine Siebeinrichtung (2) mit einem Lochmuster mit einem vorbestimmten Rundloch, Langloch, 3D-Quadratloch oder 3D-Langloch, insbesondere in Kombination miteinander, aufweist.

40. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 26 bis 39, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Klassierungseinrichtung zur Klassierung der Partikel nach der zur maximalen Partikelausdehnung (a) im Wesentlichen senkrechten, mittleren Partikelausdehnung (b) eine Siebeinrichtung (2) mit einem vorbestimmten Lochdurchmesser (D_{Loch}), insbesondere ein Lochblech, oder eine Siebeinrichtung mit einer vorbestimmten Maschenweite aufweist.

41. Vorrichtung nach oder 29 Anspruch 27 oder 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Klassierungseinrichtung zur Klassierung der Partikel nach der zur maximalen und mittleren Partikelausdehnung (a, b) im Wesentlichen senkrechten, minimalen Partikelausdehnung (c) eine Siebeinrichtung (2) ist, die aus Stäben gebildet oder ein Langmaschengewebe ist, mit einem vorbestimmten Stab- oder Maschenabstand (Δs) oder einem 3D-Rechtecklochbelag.

42. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 26 bis 41, **gekennzeichnet durch** eine erste und zweite als erste und zweite Siebeinrichtung ausgebildete Klassierungseinrichtung in einem gemeinsamen Ge-

häuse und/oder mit einer gemeinsamen Antriebseinrichtung und/oder mit einer die Partikel über die Klassierungseinrichtungen führenden Fördereinrichtung.

43. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 26 bis 42, **gekennzeichnet durch** eine Fraktioniereinheit und eine Sortiereinheit in einem gemeinsamen Gehäuse.

44. Vorrichtung nach Anspruch 44, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Fraktionseinheit zugleich eine erste Klassierungseinrichtung ist.

45. Verwendung einer Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 26 bis 44 zur Durchführung eines Verfahrens nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 25, oder zur Sortierung von Kohle für Hochöfen oder zur Sortierung von Schotter/Splitt oder zur Pulververarbeitung oder zur Sortierung von Schüttungen für Festbettreaktoren oder zur Sortierung von Abfall, Schrott, Produktionsabfällen in Recyclingprozessen, oder zur Sortierung von Nahrungs- und Genußmitteln oder pharmazeutischer, kosmetischer oder keramischer Produkte nach ihrer Partikelform.

Claims

1. Method for sorting particles (1), whereby particles are sorted in at least two classification stages according to their particle geometry in a chronological and/or spatial sequence, and in order to sort the particles (1) according to their parameter acicularity (length/width ratio), the particles (1) are classified according to a maximum particle dimension (a) during the first stage and the particles are classified according to the mean particle dimension (b) essentially perpendicular to the maximum particle dimension (a) during the second stage.

2. Method as claimed in claim 1, **characterised in that** sorting is effected by two- or three-dimensional classification.

3. Method as claimed in claim 1 or 2, **characterised in that** the classification is performed in a vibrating or non-vibrating classification plane.

4. Method as claimed in claim 3, **characterised in that** the classification plane is inclined.

5. Method as claimed in claim 3 or 4, **characterised in that** the classification plane has rectangular and/or elliptical apertures.

6. Method as claimed in claim 5, **characterised in that** the classification plane has square and/or circular apertures.

7. Method as claimed in claim 6, **characterised in that** the particles (1) are guided along an inclined plane (6) in the region of the apertures (3; 4).

8. Method as claimed in at least one of the preceding claims 5 to 7, **characterised in that** an aperture is determined by a vertical distance of the plane from an opposite edge (5) defining the aperture in the classification plane.

9. Method as claimed in at least one of the preceding claims 1 to 8, **characterised in that** in order to subsequently sort the particles (1) according to their parameter cubicity (length/thickness ratio), a classification of the particles (1) is performed according to the minimum particle dimension (c) essentially perpendicular to the maximum and mean particle dimension (a, b) or in order to subsequently firstly classify the particles (1) according to their parameter flatness (width/thickness ratio), a classification of the particles (1) and the mean particle dimension (b) perpendicular to the maximum particle dimension (a) is performed and then a classification of the particles (1) according to the minimum particle dimension (c) essentially perpendicular to the maximum and mean particle dimension is performed.

10. Method as claimed in at least one of the preceding claims 1 to 9, **characterised in that** a classification of the particles (1) is performed by screening each.

11. Method as claimed in claim 10, **characterised in that** sorting of the particles (1) is performed by classification in at least one classification plane with a moved or unmoved screen means (2) and predetermined aperture geometries of apertures.

12. Method as claimed in claim 11, **characterised in that** sorting is performed by classifying the particles (1) with a

moved screen by circular, elliptical, linear or flat vibration or with an unmoved screen with an inclined screen plane.

13. Method as claimed in at least one of the preceding claims 10 to 12, **characterised in that** a classification of the particles (1) is performed by means of screens with apertures of predetermined aperture geometries.

14. Method as claimed in claim 13, **characterised in that** the aperture geometries are round hole, oblong hole, 3D square hole or 3D oblong hole, also in combination with each other.

15. Method as claimed in at least one of the preceding claims 10 to 14, **characterised in that** a vibration frequency and/or an amplitude of a vibrating screen is/are adjusted specifically to the particles for adjusting a predefined particle movement.

16. Method as claimed in at least one of the preceding claims 1 to 15, **characterised in that** sorting is performed by classifying the particles (1) according to the maximum particle dimension (a) with a predetermined round hole, oblong hole, 3D square hole or a 3D rectangular hole.

17. Method as claimed in at least one of the preceding claims 1 to 16, **characterised in that** sorting is performed by classifying the particles (1) according to the mean particle dimension (b) essentially perpendicular to the maximum particle dimension (a) with a predetermined round hole.

18. Method as claimed in claim 9, **characterised in that** sorting is performed by classifying the particles (1) according to the minimum particle dimension (c) essentially perpendicular to the maximum particle dimension (a) with a predetermined oblong hole or 3D rectangular hole.

19. Method as claimed in at least one of the preceding claims 1 to 18, **characterised in that** sorting of the particles (1) is preceded by fractioning.

20. Method as claimed in claim 19, **characterised in that** particles (1) of different fractions are sorted in parallel in a common means by classification.

21. Method as claimed in claim 19 or 20, **characterised in that** a fractioning of the particles (1) is performed together with a first sorting by classification.

22. Method as claimed in at least one of the preceding claims 1 to 21, **characterised in that** sorting is performed in at least two classification stages of a common sorting means (2).

23. Method as claimed in claim 22, **characterised in that** sorting is performed for both classification stages with one, in particular common, perforated plate.

24. Method as claimed in at least one of the preceding claims 1 to 21, **characterised in that** sorting is performed in at least two classification stages with separate sorting means (2) in separate housings (11).

25. Method as claimed in claim 9, **characterised in that** the sorting of the particles (1) by classification according to the minimum particle dimension (c) essentially perpendicular to the maximum particle dimension (a) is performed with a bar grate with a predetermined bar distance (Δs) or a long mesh with a predetermined mesh distance (Δs) as screen means (2).

26. Apparatus for sorting particles (1) of a charging material according to their parameter acicularity (length/width ratio) with a classification means for classifying the particles (1), in particular for performing the method as claimed in at least one of the preceding claims 1 to 25,

- with a first classification means for classifying the particles (1) according to the maximum particle dimension (a), and
- a second classification means,

characterised in that the second classification means is a classification means for classifying the particles according to a mean particle dimension (b) essentially perpendicular to the maximum particle dimension (a).

27. Apparatus as claimed in claim 26, **characterised by** a third classification means for classifying the particles (1)

according to a minimum particle dimension (c) essentially perpendicular to the maximum and mean particle dimension.

28. Apparatus as claimed in claim 26 or 27, **characterised in that** a chronological and/or spatial sequence of the classification means is variable.

29. Apparatus as claimed in claim 27, **characterised in that** the first and/or second and/or third classification means is a first and/or second and/or third screen means (2).

30. Apparatus as claimed in at least one of the preceding claims 26 to 29, **characterised in that** at least two classification means are designed integrally.

31. Apparatus as claimed in claim 30, **characterised in that** the at least two classification means are provided in the form of an integrated screen means with apertures of different aperture geometries.

32. Apparatus as claimed in at least one of the preceding claims 26 to 29, **characterised in that** at least two classification means are designed separately from one another.

33. Apparatus as claimed in claim 32, **characterised in that** the at least two classification means are provided in the form of separate screen means (2) with apertures (13) of the same or a different aperture geometry.

34. Apparatus as claimed in at least one of the preceding claims 26 to 33, **characterised in that** the classification means as screen means are circular, elliptical, linear or flat vibrators, or a fixed classification plane is formed by an inclined screen means.

35. Apparatus as claimed in at least one of the preceding claims 26 to 34, **characterised in that** at least one classification means is a screen means (2) with apertures of predetermined aperture geometries.

36. Apparatus as claimed in claim 35, **characterised in that** the aperture geometries are round hole (13), oblong hole, 3D square hole (3) or 3D oblong hole (4).

37. Apparatus as claimed in claim 35 or 36, **characterised in that** the aperture geometries are used in combination with one another.

38. Apparatus as claimed in at least one of the preceding claims 26 to 37, **characterised in that** at least one classification means is a screen means (2) designed as a vibrating screen with a vibration frequency and/or amplitude which can be adjusted product-specifically for adjusting a predetermined particle movement.

39. Apparatus as claimed in at least one of the preceding claims 26 to 38, **characterised in that** the classification means for classifying the particles according to a maximum particle dimension (a) comprises a screen means (2) with a perforation pattern with a predetermined round hole, oblong hole, 3D square hole or 3D oblong hole, in particular in combination with one another.

40. Apparatus as claimed in at least one of the preceding claims 26 to 39, **characterised in that** the classification means for classifying the particles according to the mean particle dimension (b) essentially perpendicular to the maximum particle dimension (a) comprises a screen means (2) with a predetermined perforation diameter (D_{hole}), in particular a perforated plate, or a screen means with a predetermined mesh width.

41. Apparatus as claimed in claim 27 or 29, **characterised in that** the classification means for classifying the particles according to the minimum particle dimension (c) essentially perpendicular to the maximum and mean particle dimension (a, b) is a screen means (2) which is formed of bars or is a long mesh, with a predetermined bar or mesh distance (Δs) or a 3D rectangular hole lining.

42. Apparatus as claimed in at least one of the preceding claims 26 to 41, **characterised by** a first and second classification means embodied as first and second screen means in a common housing and/or with a common drive means and/or with a conveyor means guiding the particles over the classification means.

43. Apparatus as claimed in at least one of the preceding claims 26 to 42, **characterised by** a fractioning unit and a

sorting unit in a common housing.

44. Apparatus as claimed in claim 44, **characterised in that** a fractioning unit is at the same time a first classification means.

45. Use of an apparatus as claimed in at least one of claims 26 to 44 for performing a method as claimed in at least one of claims 1 to 25, or for sorting coal for blast furnaces or for sorting broken stone/stone chippings, or for processing powder or for sorting beds for fixed bed reactors, or for sorting refuse, scrap, production waste in recycling processes, or for sorting food and edible products or pharmaceutical, cosmetic or ceramic products according to their particle shape.

Revendications

1. Procédé de tri de particules (1), dans lequel des particules sont triées selon une séquence temporelle et/ou spatiale dans au moins deux étapes de criblage en fonction de leur géométrie de particule, dans lequel, pour trier les particules (1) en fonction de leur paramètre d'allongement (ratio longueur/largeur), un criblage des particules (1) s'effectue selon une extension de particule maximale (a) au cours de la première étape, et un criblage des particules s'effectue au cours de la deuxième étape selon l'extension de particule moyenne (b), qui est essentiellement perpendiculaire à l'extension de particule maximale (a).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**un tri s'effectue par criblage bidimensionnel ou tridimensionnel.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le criblage s'effectue dans un plan de criblage oscillant ou non oscillant.

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le plan de criblage est incliné.

5. Procédé selon la revendication 3 ou 4, **caractérisé en ce que** le plan de criblage comporte des orifices de passage rectangulaires et/ou elliptiques.

6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le plan de criblage comporte des orifices de passage carrés et/ou circulaires.

7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** les particules (1), dans la zone des orifices de passage (3, 4), sont conduites sur un plan incliné (6).

8. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes 5 à 7, **caractérisé en ce qu'**un orifice de passage est défini dans le plan de criblage par une distance verticale du plan par rapport à un bord (5) opposé délimitant l'orifice de passage.

9. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes 1 à 8, **caractérisé en ce que**, suite au tri des particules (1) en fonction de leur paramètre de cubicité (ratio longueur/épaisseur), un criblage des particules (1) s'effectue selon l'extension de particule minimale (c), qui est essentiellement perpendiculaire aux extensions de particule maximale et moyenne (a, b), ou suite d'abord au criblage des particules (1) en fonction de leur paramètre de planéité (ratio largeur/épaisseur), à un criblage des particules (1) selon l'extension de particule moyenne (b), qui est perpendiculaire à l'extension de particule maximale (a), puis à un criblage des particules (1) selon l'extension de particule minimale (c), qui est essentiellement perpendiculaire aux extensions de particule maximale et moyenne.

10. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes 1 à 9, **caractérisé en ce qu'**un criblage des particules (1) s'effectue chaque fois par tamisage.

11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'**un tri des particules (1) s'effectue par criblage dans au moins un plan de criblage avec un dispositif de tamisage mobile ou immobile (2) et des géométries d'orifice prédéterminées pour les orifices de passage.

12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** le tri des particules (1) par criblage s'effectue avec un

tamis mobile par oscillation circulaire, ellipsoïdale, linéaire ou plane, ou avec un tamis immobile avec un plan de tamisage incliné.

13. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes 10 à 12, **caractérisé en ce qu'**un criblage des particules (1) s'effectue par tamisage avec des orifices de passage à géométries d'orifice prédéterminées.

14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** les géométries d'orifice sont des géométries à trou rond, oblong, tridimensionnel quadrilatéral ou tridimensionnel oblong, ou à combinaisons de ces géométries.

15. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes 10 à 14, **caractérisé en ce qu'**une fréquence d'oscillation et/ou une amplitude d'un tamis oscillant spécifique à un type de particules est réglée pour le réglage d'un mouvement de particule prédéterminé.

16. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes 1 à 15, **caractérisé en ce que** le tri par criblage des particules (1) est effectué en fonction de l'extension de particule maximale (a) avec un trou rond, oblong, tridimensionnel quadrilatéral ou tridimensionnel rectangulaire prédéterminé.

17. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes 1 à 16, **caractérisé en ce que** le tri par criblage des particules (1) est effectué en fonction de l'extension de particule moyenne (b), qui est essentiellement perpendiculaire à l'extension de particule maximale (a), avec un trou rond prédéterminé.

18. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le tri par criblage des particules (1) est effectué en fonction de l'extension de particule minimale (c), qui est essentiellement perpendiculaire à l'extension de particule maximale (a), avec un trou oblong ou tridimensionnel rectangulaire prédéterminé.

19. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes 1 à 18, **caractérisé en ce que** le tri des particules (1) précède un fractionnement.

20. Procédé selon la revendication 19, **caractérisé en ce que** les particules (1) de différentes fractions sont triées en parallèle par criblage dans un dispositif commun.

21. Procédé selon la revendication 19 ou 20,**caractérisé en ce qu'**un fractionnement des particules (1) s'effectue conjointement à un tri par criblage.

22. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes 1 à 21, **caractérisé en ce que** le tri s'effectue en au moins deux étapes de criblage dans un dispositif de tri commun (2).

23. Procédé selon la revendication 22, **caractérisé en ce que** le tri des deux étapes de criblage s'effectue avec une tôle percée, en particulier une tôle percée commune.

24. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes 1 à 21, **caractérisé en ce que** le tri s'effectue en au moins deux étapes de criblage avec des dispositifs de tri séparés (2) dans des enceintes séparées (11).

25. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le tri est effectué par criblage des particules (1) selon l'extension de particule minimale (c), qui est essentiellement perpendiculaire à l'extension de particule maximale (a), avec une grille à barres à espacement de barres prédéterminé (Δs) ou un tissu à larges mailles à espacement de mailles prédéterminé (Δs) comme dispositif de tamisage (2).

26. Dispositif de tri de particules (1) d'un produit à traiter en fonction de leur paramètre d'allongement (ratio longueur/largeur) avec un dispositif de criblage pour le criblage des particules (1), en particulier par la mise en oeuvre du procédé selon au moins l'une des revendications précédentes 1 à 25,

- avec un premier dispositif de criblage pour le criblage des particules (1) selon une extension de particule maximale (a), et
- un deuxième dispositif de criblage,

caractérisé en ce que le deuxième dispositif de criblage est un dispositif de criblage pour le criblage des particules selon une extension de particule moyenne (b), qui est essentiellement perpendiculaire à l'extension de particule maximale (a).

27. Dispositif selon la revendication 26, **caractérisé par** un troisième dispositif de criblage pour le criblage des particules (1) selon une extension de particule minimale (c), qui est essentiellement perpendiculaire aux extensions de particule maximale et moyenne.

28. Dispositif selon la revendication 26 ou 27, **caractérisé en ce qu'**une séquence temporelle et/ou spatiale des dispositifs de criblage est variable.

29. Dispositif selon la revendication 27, **caractérisé en ce que** le premier, le deuxième et/ou le troisième dispositif de criblage est un premier, un deuxième et/ou un troisième dispositif de tamisage (2).

30. Dispositif selon au moins l'une des revendications précédentes 26 à 29, **caractérisé en ce qu'**au moins deux dispositifs de criblage sont réalisés de façon à être intégrés ensemble.

31. Dispositif selon la revendication 30, **caractérisé en ce que** lesdits au moins deux dispositifs de criblage sont constitués par un dispositif de tamisage intégré avec des orifices de passage à différentes géométries d'orifice.

32. Dispositif selon au moins l'une des revendications précédentes 26 à 29, **caractérisé en ce qu'**au moins deux dispositifs de criblage sont réalisés de façon à être séparés.

33. Dispositif selon la revendication 32, **caractérisé en ce que** lesdits au moins deux dispositifs de criblage sont constitués de dispositifs de tamisage
séparés (2) avec des orifices de passage (13) à géométries d'orifice égales ou différentes.

34. Dispositif selon au moins l'une des revendications précédentes 26 à 33, **caractérisé en ce que** les dispositifs de criblage sont réalisés sous forme de dispositifs de tamisage à oscillation circulaire, ellipsoïdale, linéaire ou plane, ou d'un plan de criblage fixe avec un dispositif de tamisage incliné.

35. Dispositif selon au moins l'une des revendications précédentes 26 à 34, **caractérisé en ce qu'**au moins un dispositif de criblage est un dispositif de tamisage (2) avec des orifices de passage à géométries d'orifice prédéterminées.

36. Dispositif selon la revendication 35, **caractérisé en ce que** les géométries d'orifice sont des trous ronds (13), oblongs, tridimensionnels quadrilatéraux (3) ou tridimensionnels oblongs (4).

37. Dispositif selon la revendication 35 ou 36, **caractérisé en ce que** les géométries d'orifice sont combinées entre elles.

38. Dispositif selon au moins l'une des revendications précédentes 26 à 37, **caractérisé en ce qu'**au moins un dispositif de criblage est un dispositif de tamisage (2) réalisé sous forme d'un tamis oscillant, avec une fréquence d'oscillation et/ou une amplitude spécifique pour le produit afin de régler un mouvement de particule prédéterminé.

39. Dispositif selon au moins l'une des revendications précédentes 26 à 38, **caractérisé en ce que** le dispositif de criblage pour le criblage des
particules selon une extension de particule maximale (a) d'un dispositif de tamisage (2) avec un motif de trous comporte des trous ronds, oblongs, tridimensionnels quadrilatéraux ou tridimensionnels oblongs prédéterminés, et en particulier des combinaisons de ces formes.

40. Dispositif selon au moins l'une des revendications précédentes 26 à 39, **caractérisé en ce que** le dispositif de criblage pour le criblage des particules selon l'extension de particule moyenne (b), qui est essentiellement perpendiculaire à l'extension de particule maximale (a), comporte un dispositif de tamisage (2) avec un diamètre de trou prédéterminé (D_{Loch}), en particulier une tôle percée ou un dispositif de tamisage avec une largeur de maille prédéterminée.

41. Dispositif selon la revendication 27 ou 29, **caractérisé en ce que** le dispositif de criblage pour le criblage des particules selon l'extension de particule minimale (c), qui est essentiellement perpendiculaire aux extensions de particule maximale et moyenne (a), est un dispositif de tamisage (2) réalisé à partir de barres ou constitué d'un tissu à larges mailles, avec un espacement de barres ou de mailles prédéterminé (Δs) ou un traitement à trous tridimensionnels rectangulaires.

42. Dispositif selon au moins l'une des revendications précédentes 26 à 41, **caractérisé par** un premier et un deuxième

dispositifs de criblage réalisés comme un premier et un deuxième dispositifs de tamisage dans une enceinte commune, et/ou avec un dispositif d'entraînement commun, et/ou avec un dispositif d'alimentation qui conduit les particules sur les dispositifs de criblage.

43. Dispositif selon au moins l'une des revendications précédentes 26 à 42, **caractérisé par** une unité de fractionnement et une unité de tri dans une enceinte commune.

44. Dispositif selon la revendication 44, **caractérisé en ce qu'**une unité de fractionnement est en même temps un premier dispositif de criblage.

45. Utilisation d'un dispositif selon au moins l'une des revendications 26 à 44 pour la mise en oeuvre d'un procédé selon au moins l'une des revendications 1 à 25, ou pour le tri de charbon pour hauts fourneaux, le tri de sable ou de gravier, le traitement de poudres, le tri de charges pour des réacteurs à lit fixe, le tri de déchets, de rebus ou de restes de production dans des procédés de recyclage, ou pour le tri de produits alimentaires et stimulants ou de produits pharmaceutiques, cosmétiques ou céramiques en fonction de leur forme de particule.

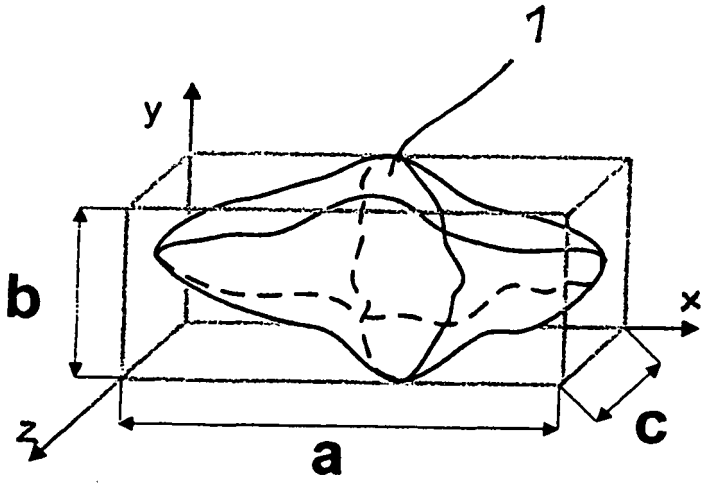


Fig. 1

Klassierschritt 1	Klassierschritt 2	Kornform-		Variante
		faktor	beschreibung	
1	2	3	4	5
a	b	$\Psi_{(a/b)}$	Nadeligkeit	NI
a	c	$\Psi_{(a/c)}$	Kubizität	RI
b	a	$\Psi_{(a/b)}$	Nadeligkeit	NII
b	c	$\Psi_{(b/c)}$	Plattigkeit	PI
c	a	$\Psi_{(a/c)}$	Kubizität	RII
c	b	$\Psi_{(b/c)}$	Plattigkeit	PII

Tabelle 1: Klassiervarianten

Fig. 2

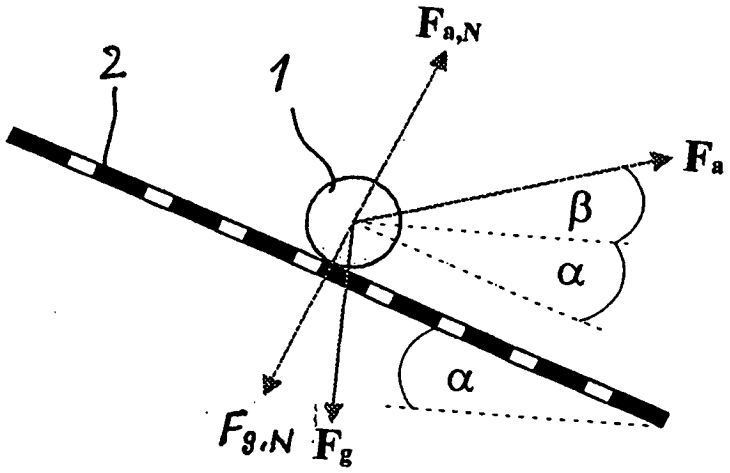


Fig. 3

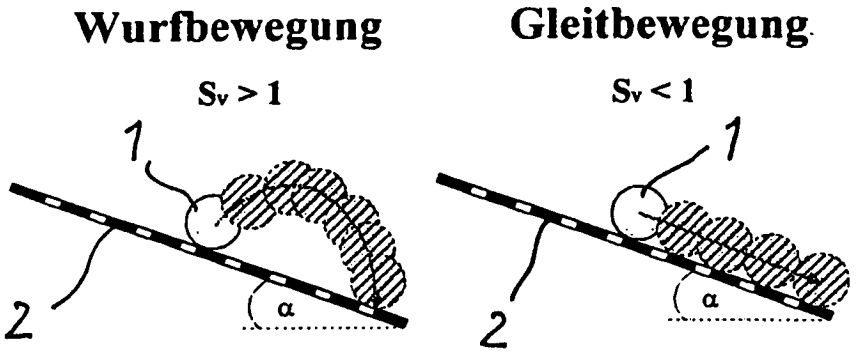


Fig.4a

Fig 4b

Fig. 4

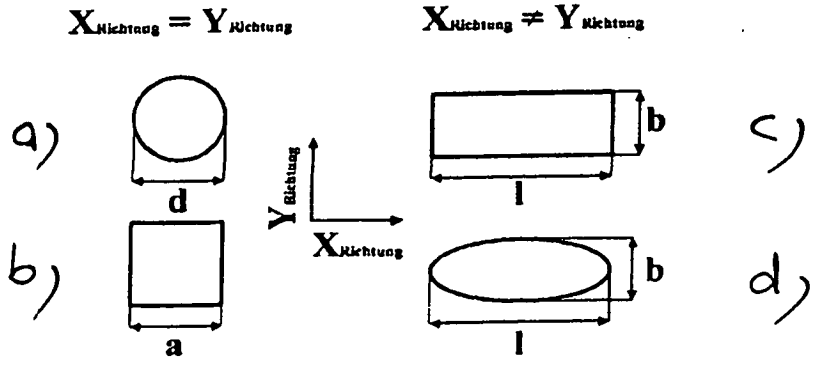


Fig. 5

Abstimmung für Klassierung nach a

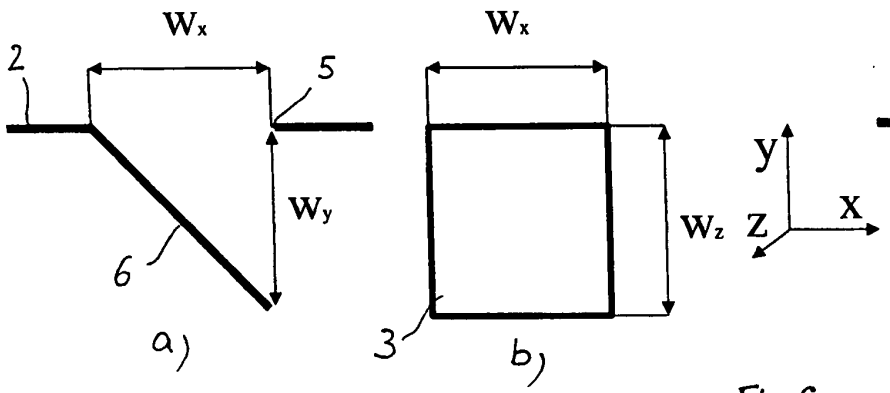
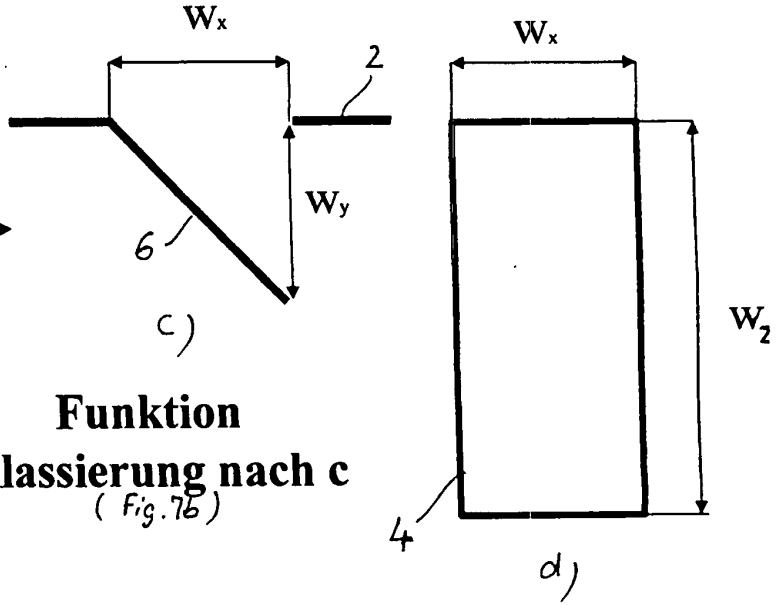


Fig. 6

Abstimmung für Klassierung nach c



Funktion Klassierung nach a (Fig. 7a)

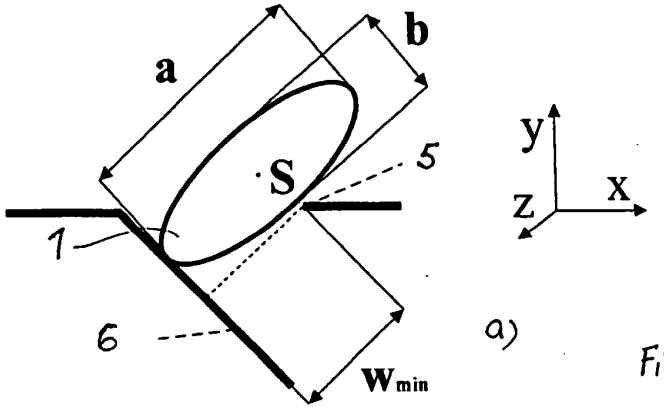
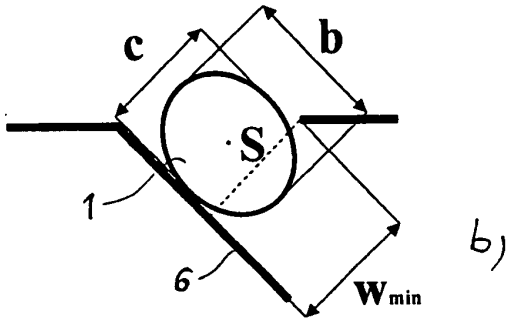


Fig. 7

Funktion Klassierung nach c (Fig. 7b)



Funktion
Klassierung nach a
(Partikel tritt nicht durch)

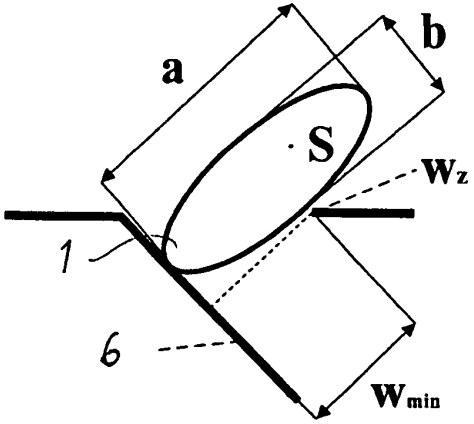
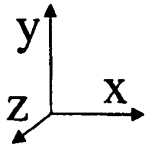


Fig. 8a1



Funktion
Klassierung nach a
(Partikel tritt durch)

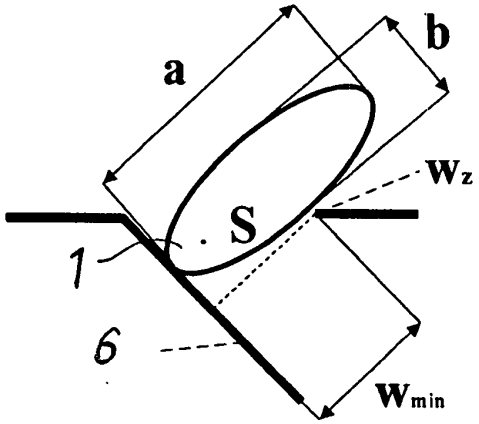


Fig. 8a2

Fig. 8

Funktion
Klassierung nach c

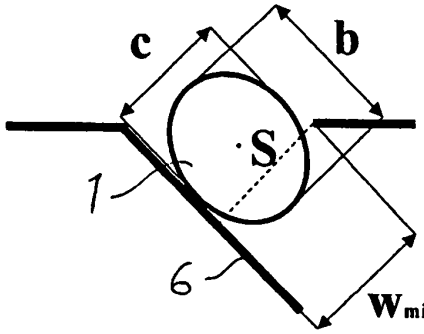


Fig. 8b

Funktion der Öffnungsgeometrien bei verschiedenen Partikelformen und einer Gleitbewegung

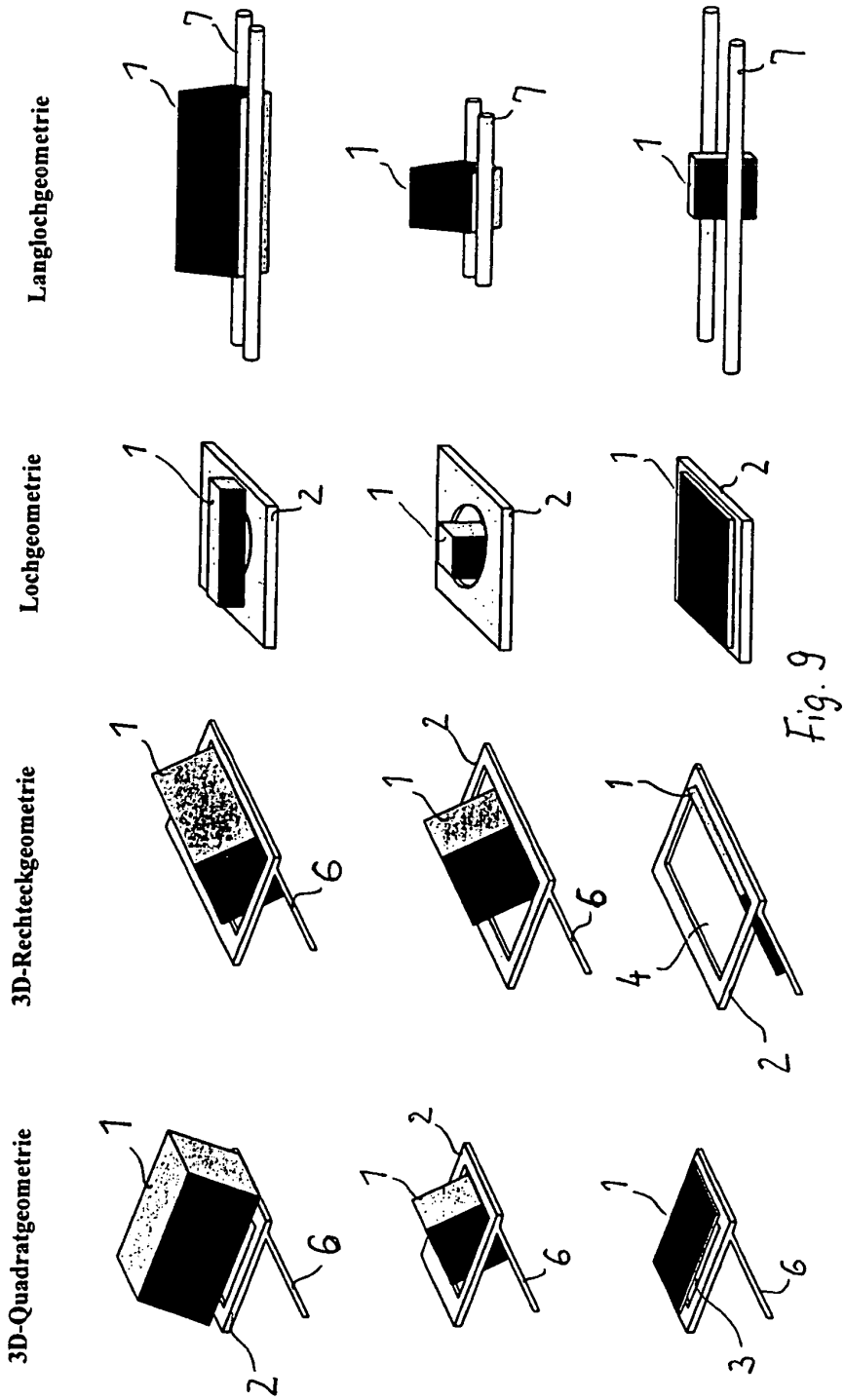


Fig. 9

Funktion der Öffnungsgeometrien bei verschiedenen Partikelformen und einer Wurfbewegung

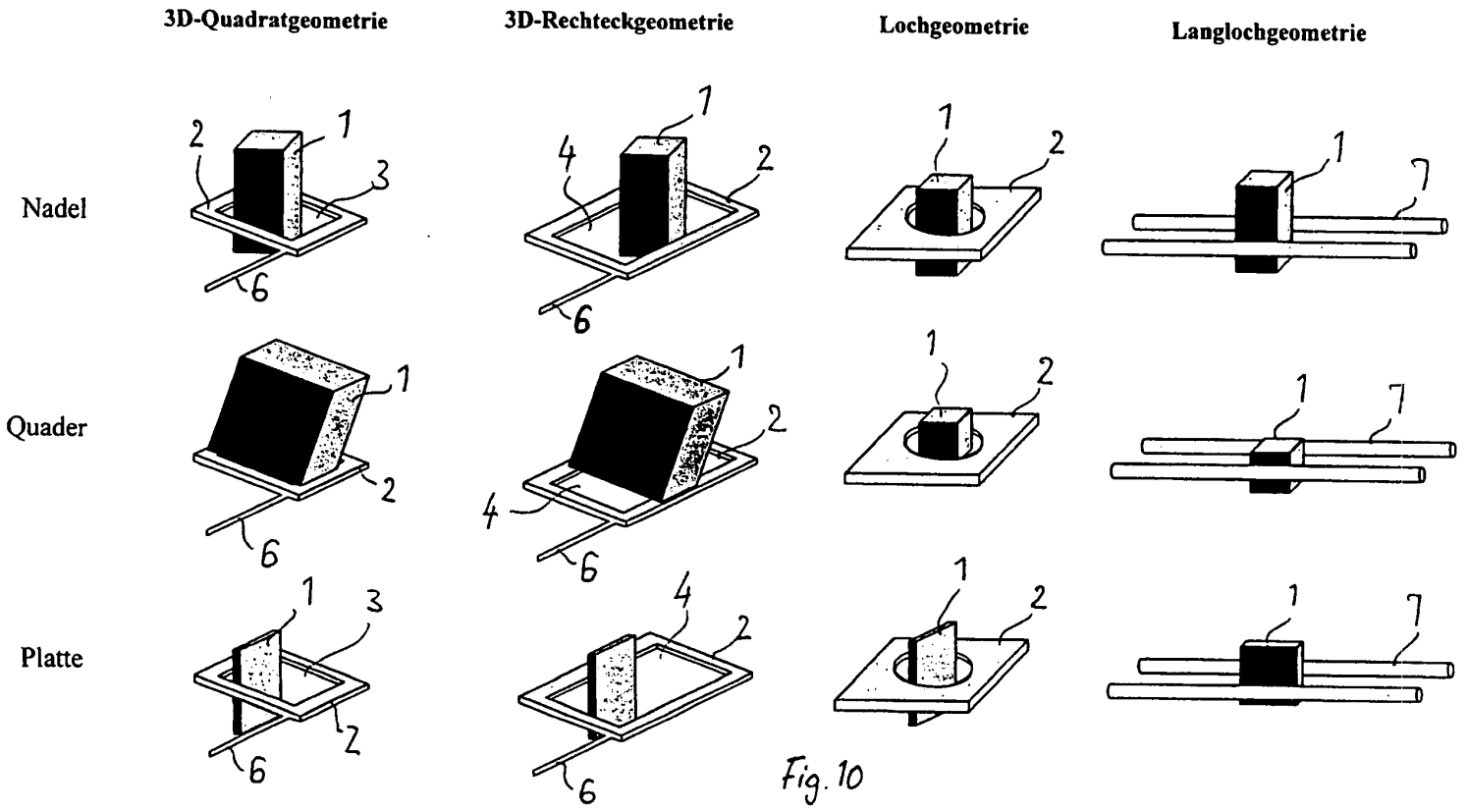


Fig. 10

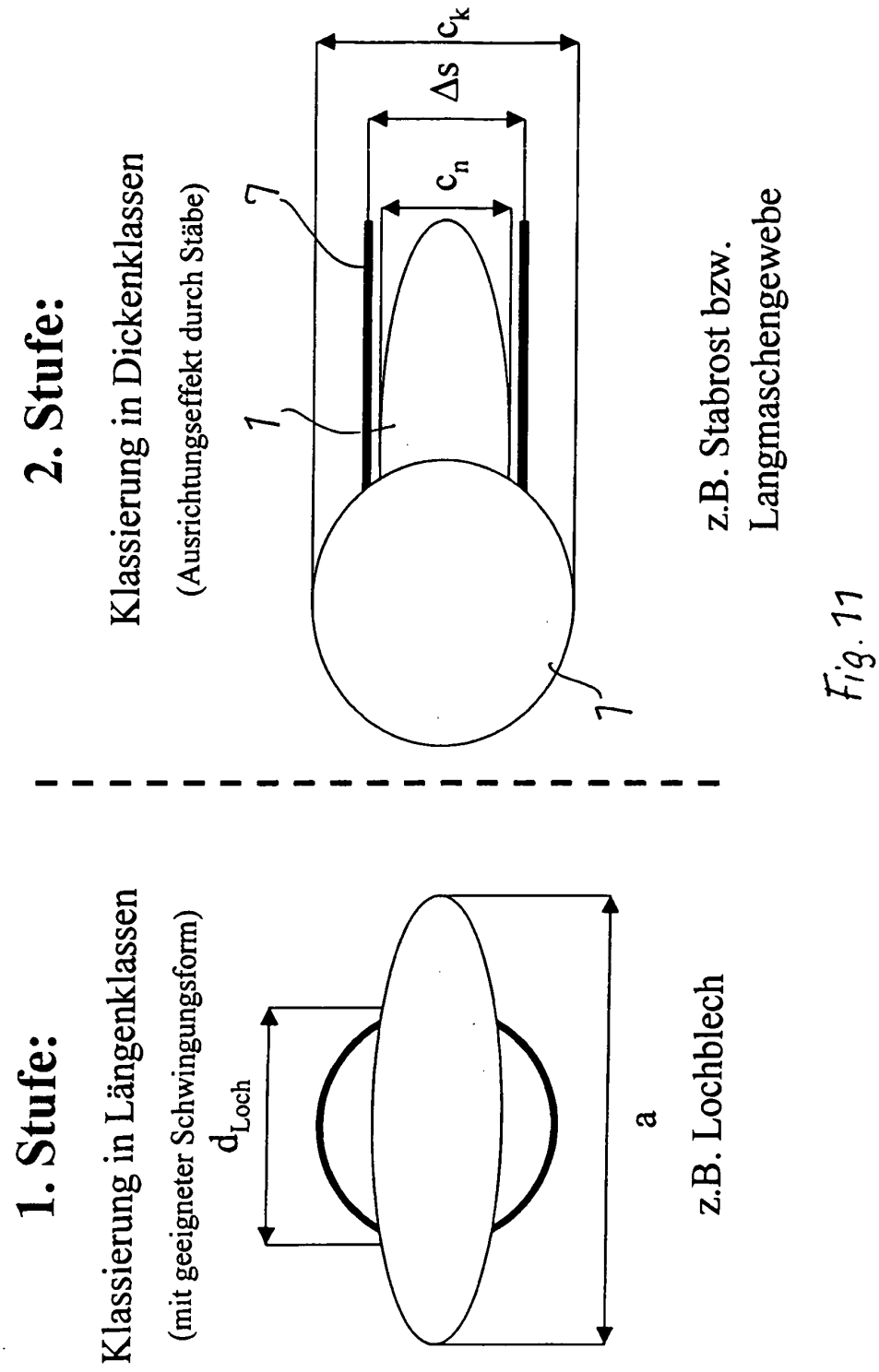

1. Stufe:
Klassierung in Längenklassen
(mit geeigneter Schwingungsform)
d_{Loch}
a
z.B. Lochblech
2. Stufe:
Klassierung in Dickenklassen
(Ausrichtungseffekt durch Stäbe)
1
7
7
c_k
Δs
c_n
z.B. Stabrost bzw.
Langmaschengewebe

Fig. 11

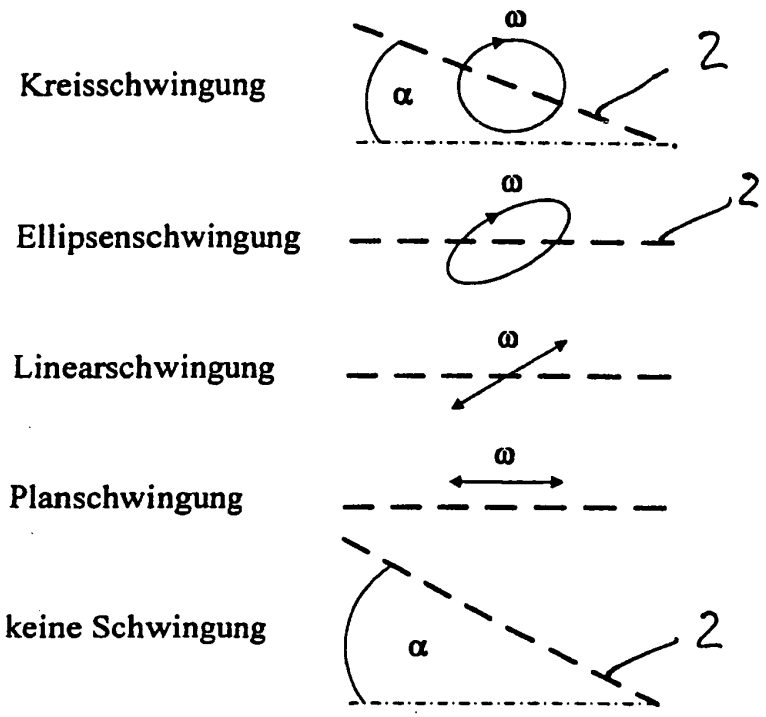

Kreisschwingung
ω
α
2
Ellipsenschwingung
ω
2
Linearschwingung
ω
Planschwingung
ω
keine Schwingung
α
2

Fig. 12

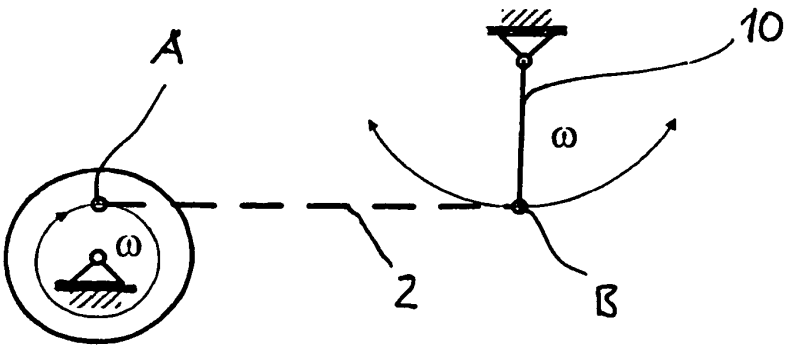

A
10
ω
ω
2
B

Fig. 13

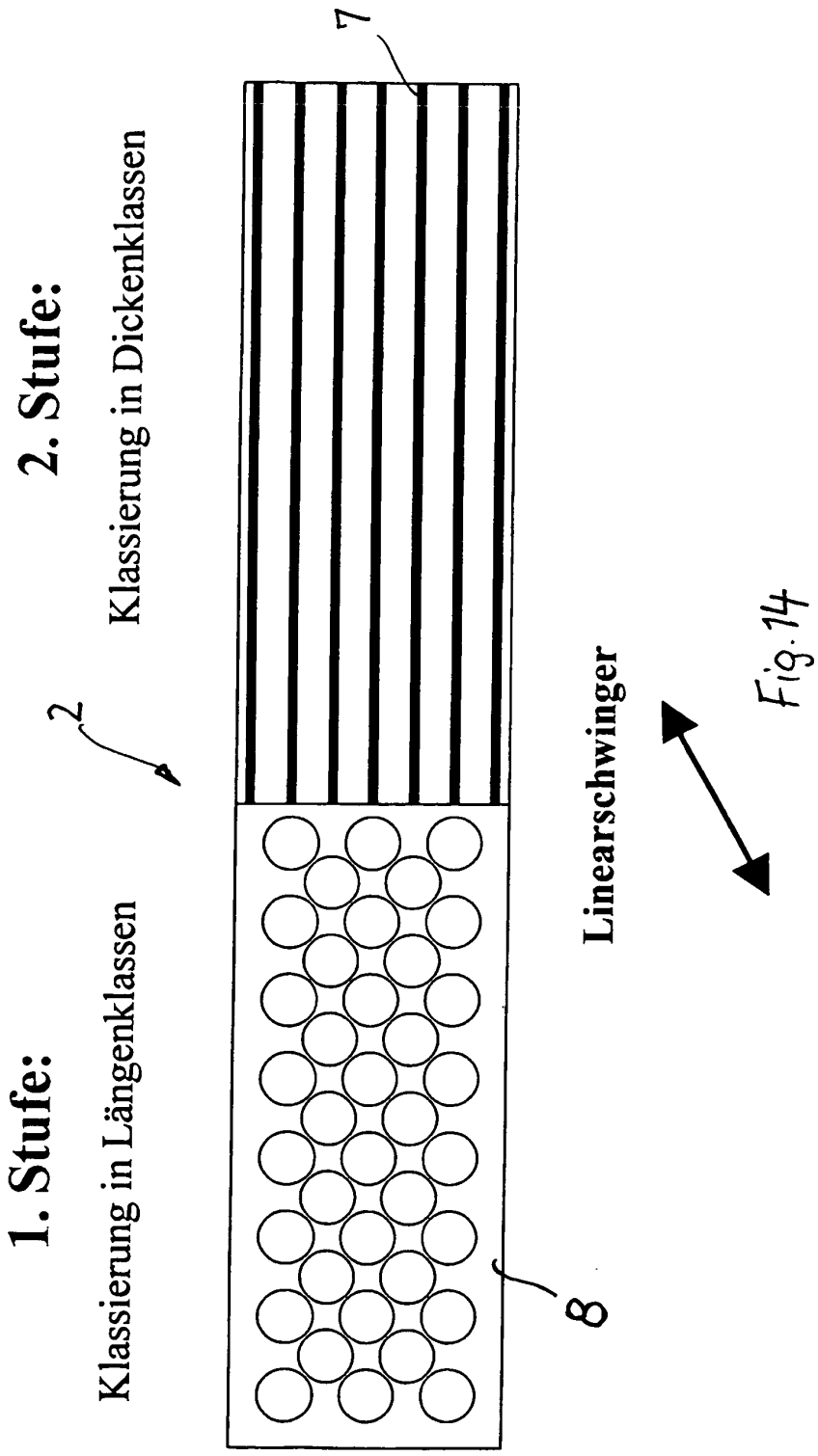

1. Stufe:
Klassierung in Längenklassen
2. Stufe:
Klassierung in Dickenklassen
2
7
8
Linearschwinger

Fig. 14

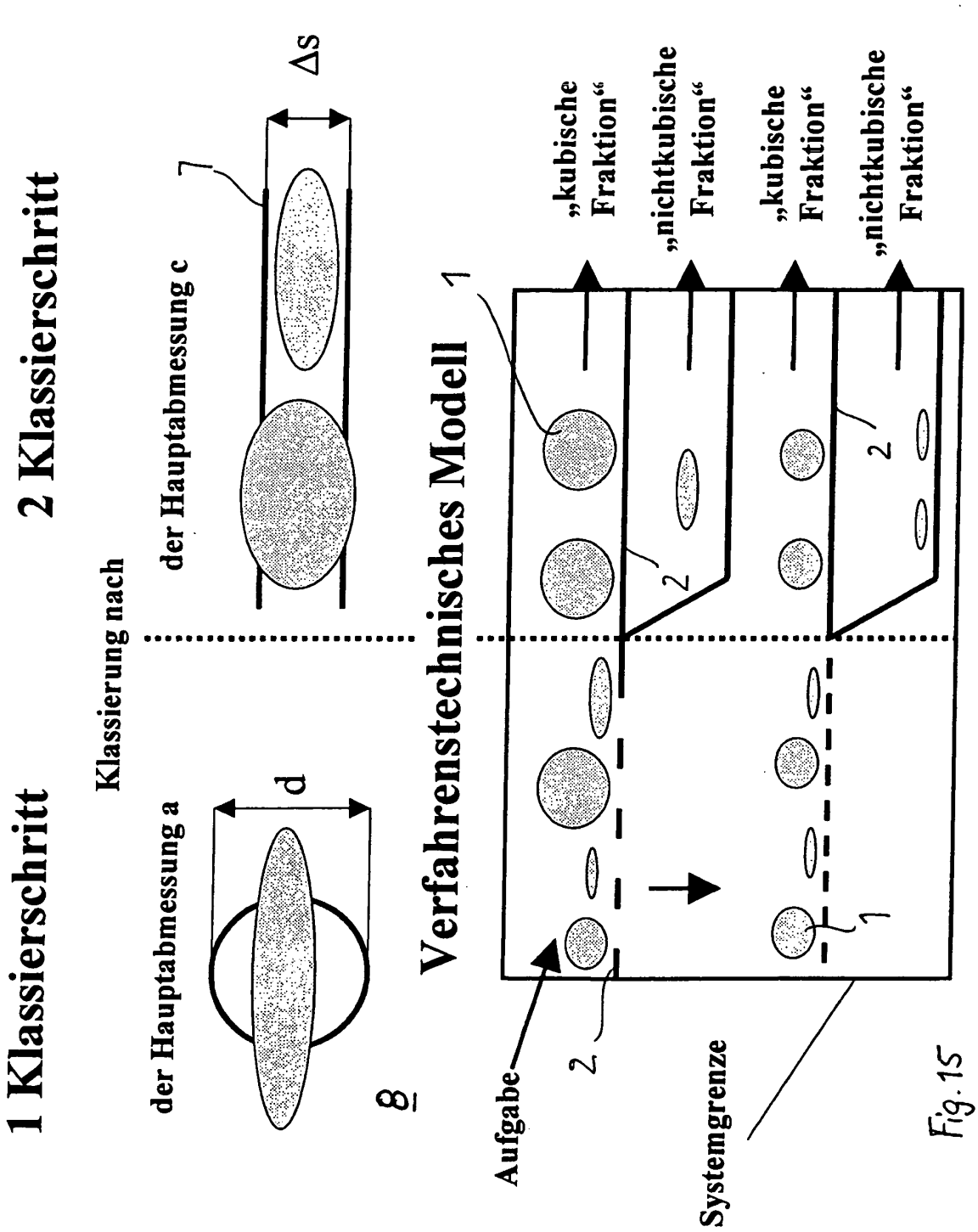

1 Klassierschritt
2 Klassierschritt
Klassierung nach
der Hauptabmessung a
d
8
der Hauptabmessung c
7
Δs
Verfahrenstechnisches Modell
1
2
„kubische Fraktion“
„nichtkubische Fraktion“
„kubische Fraktion“
„nichtkubische Fraktion“
Aufgabe
Systemgrenze

Fig. 15

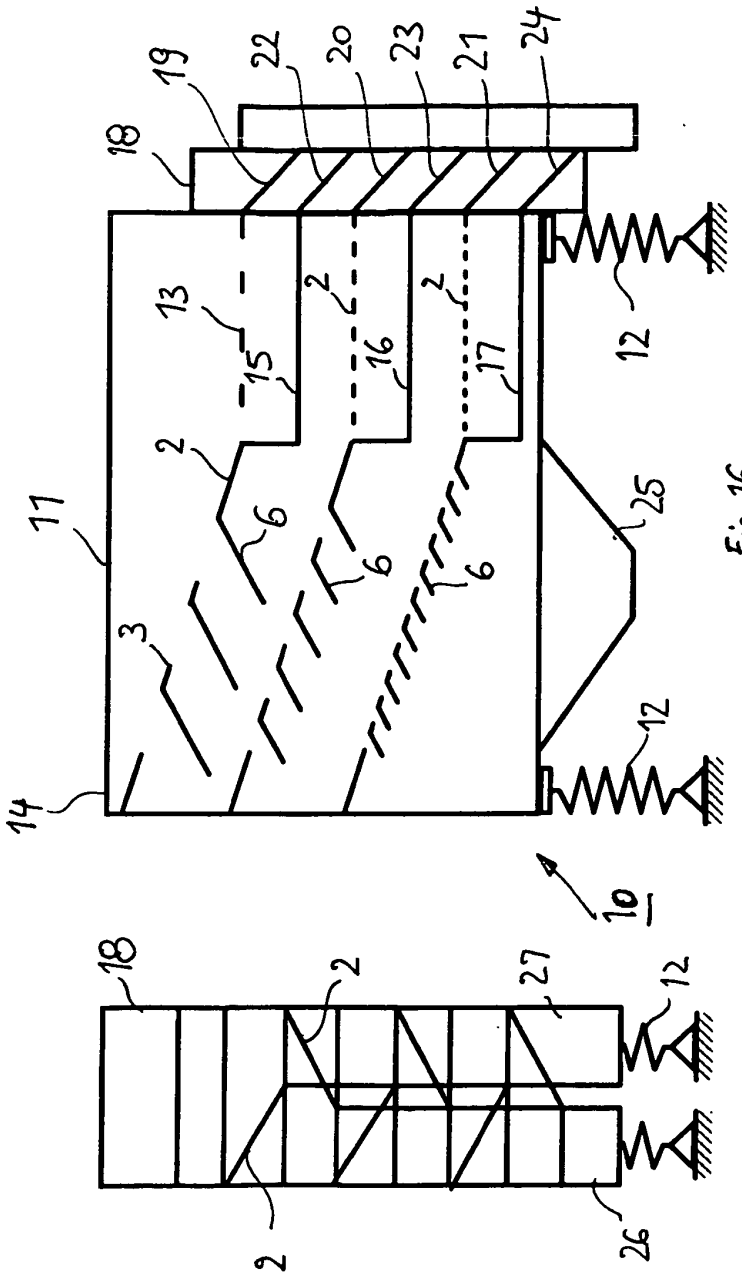


Fig. 16

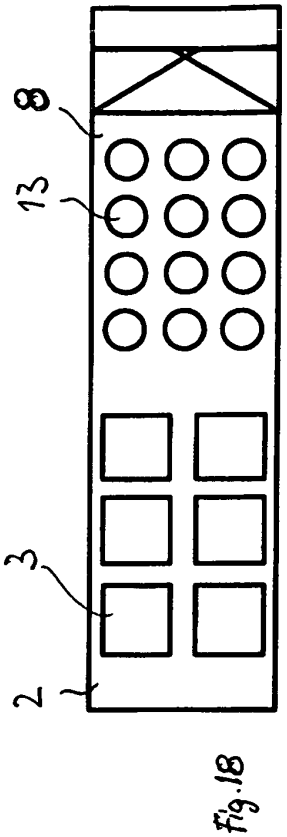


Fig. 18

Fig. 17

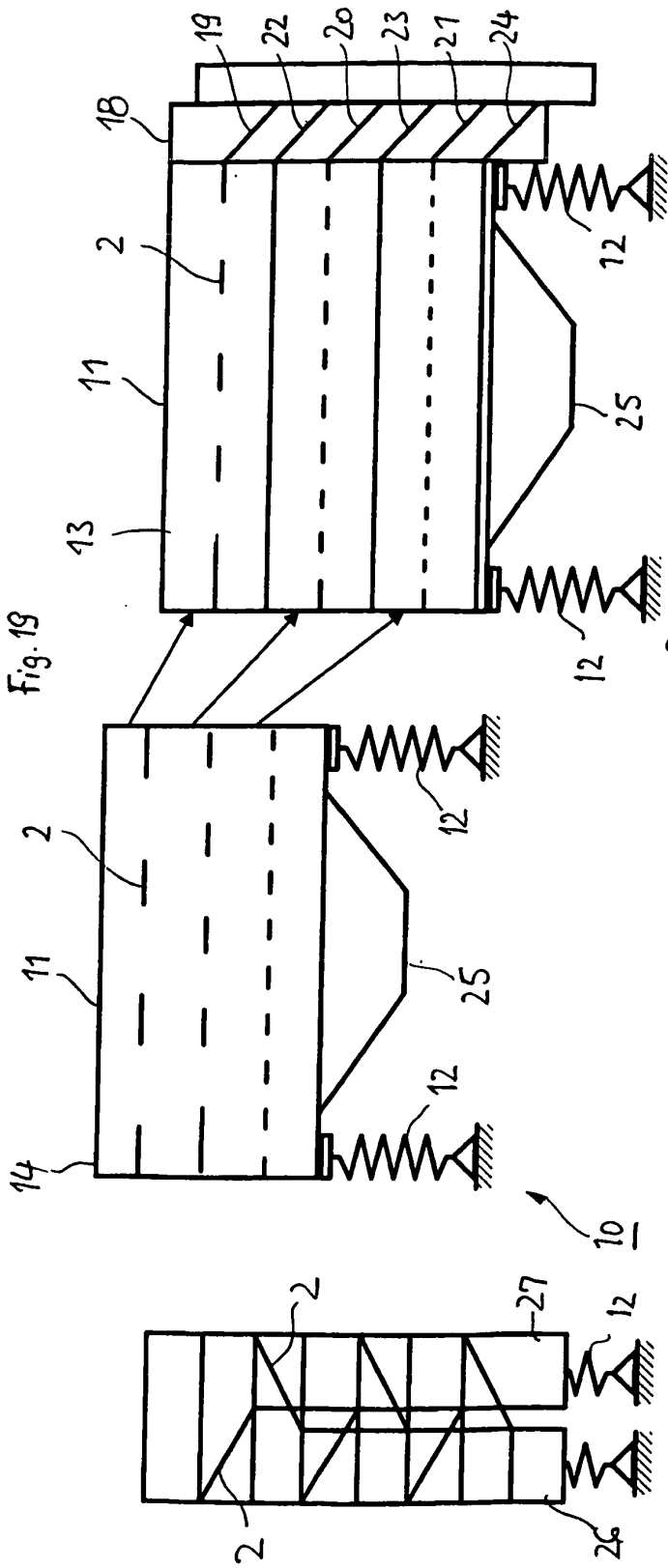


Fig. 19

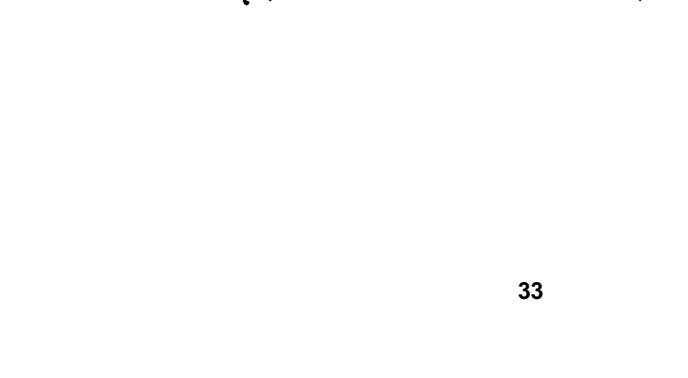


Fig. 20

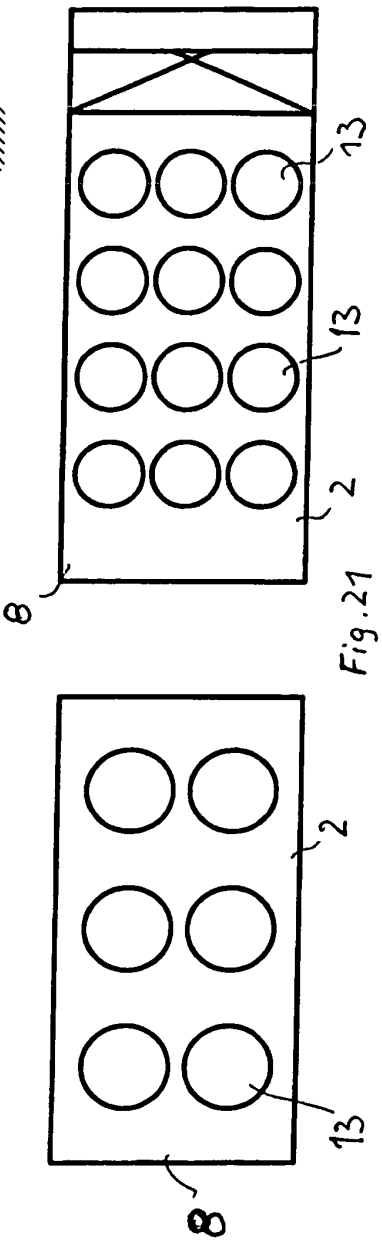


Fig. 21

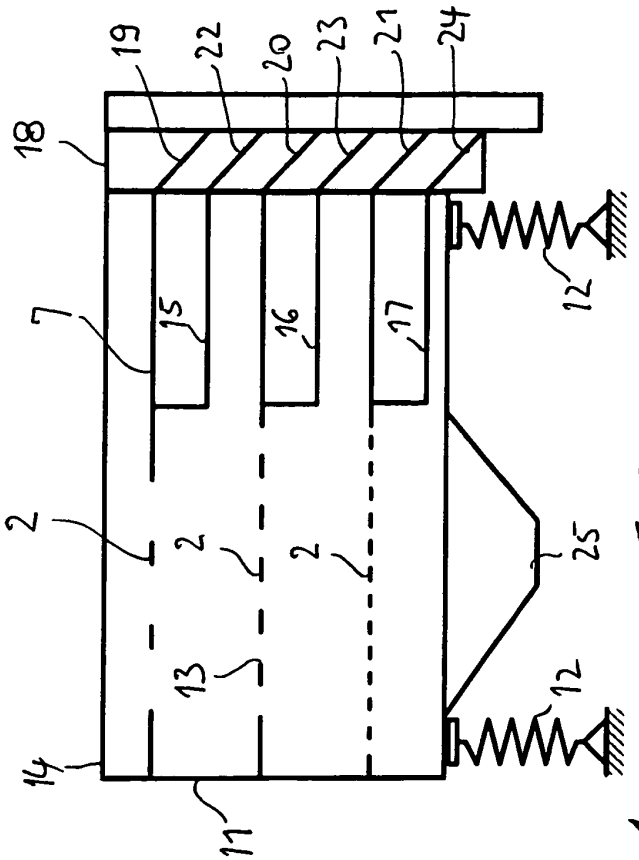


Fig. 22

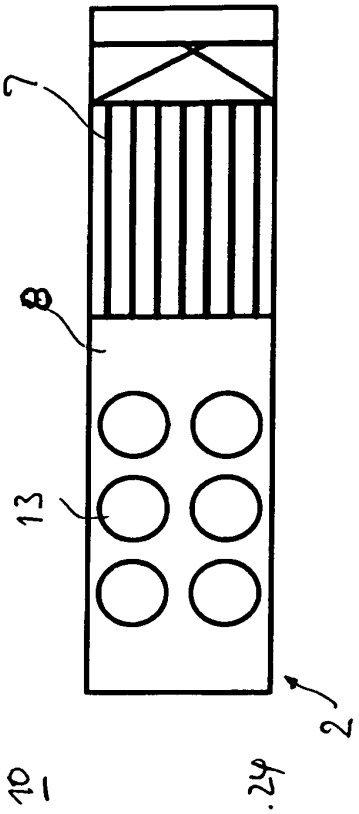


Fig. 24

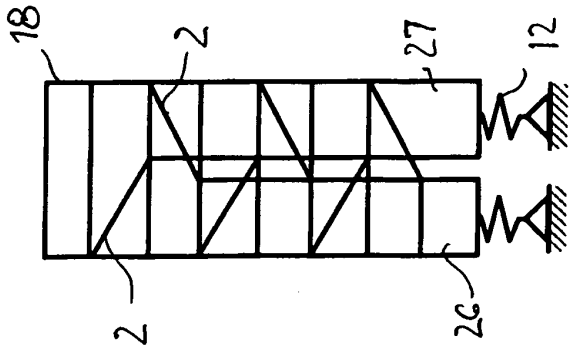
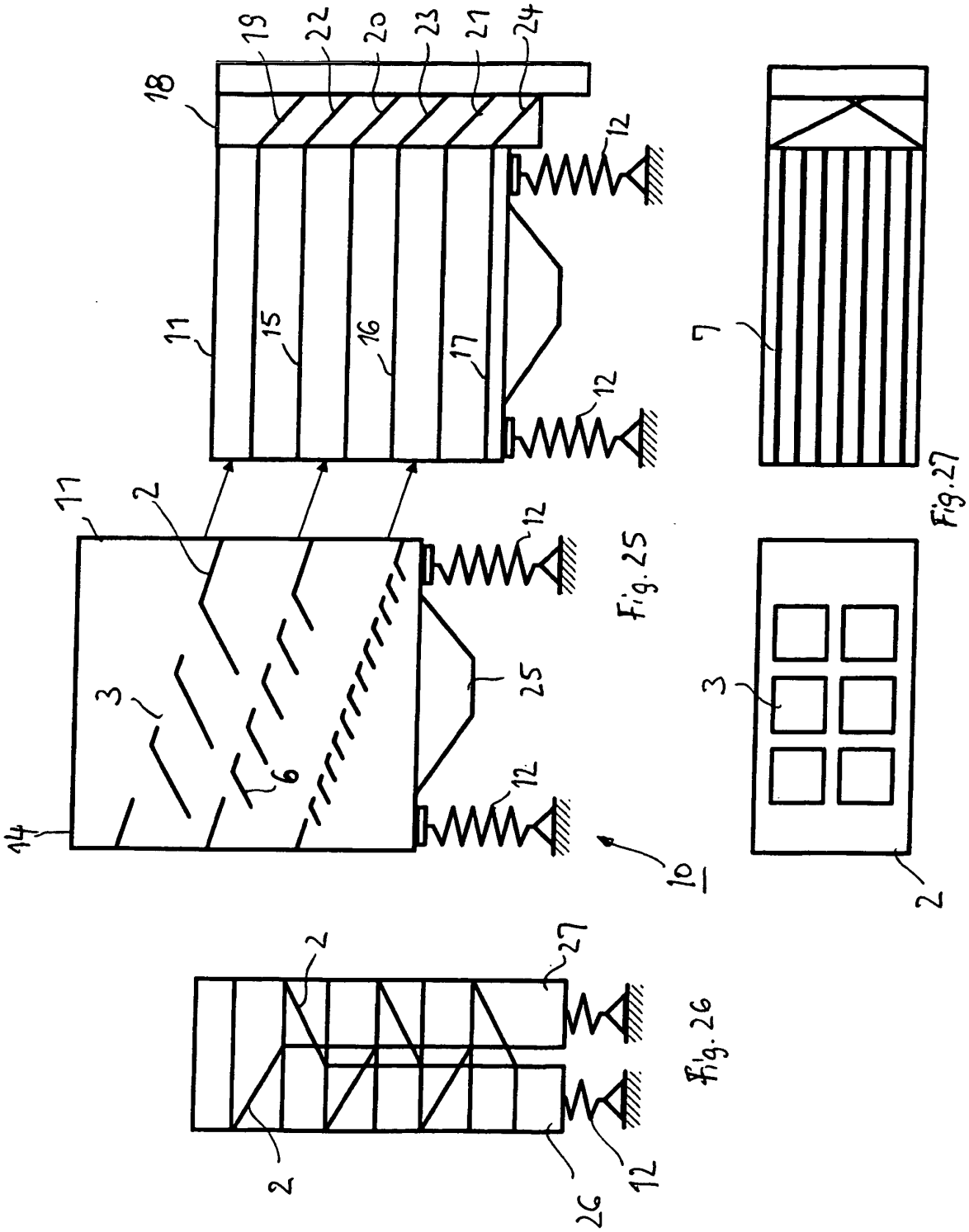


Fig. 23


18
19
22
20
23
21
24
12
11
15
16
17
12
17
2
12
3
25
6
12
14
10
Fig. 25
7
Fig. 27
3
2
2
27
2
26
12
Fig. 26

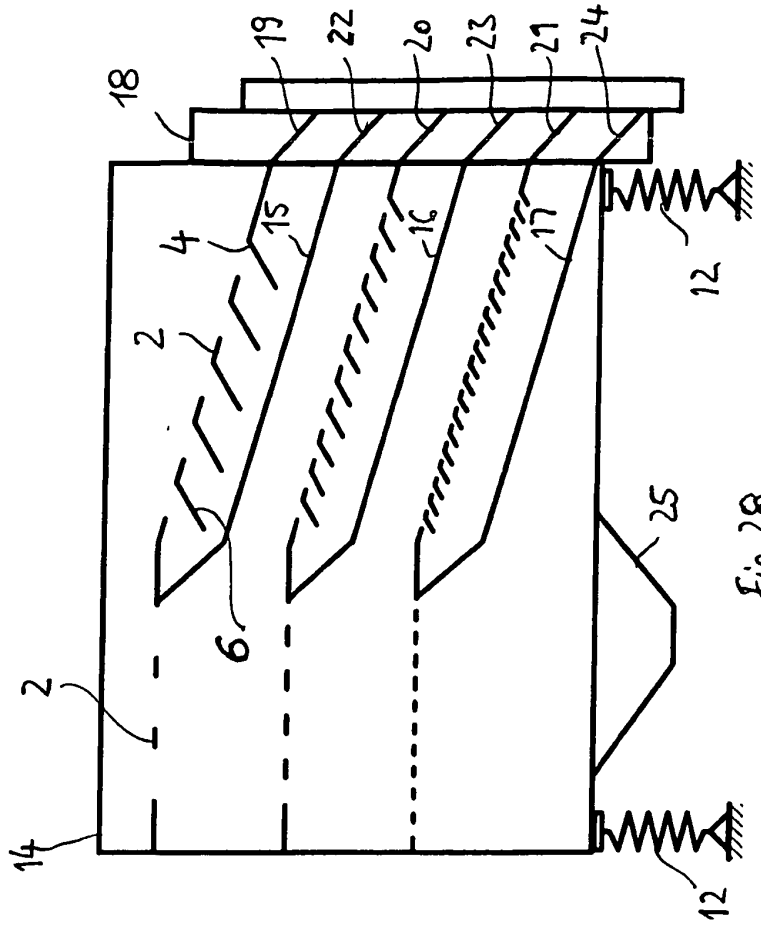


Fig. 28

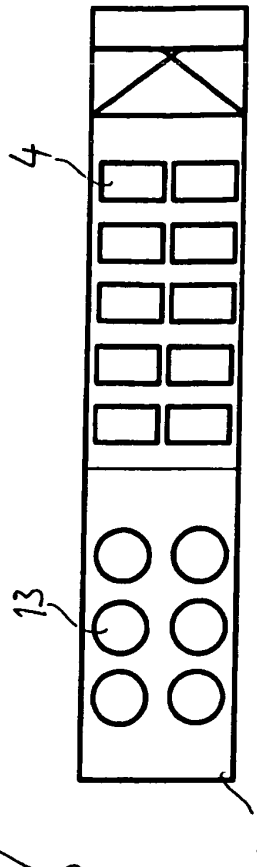


Fig. 30

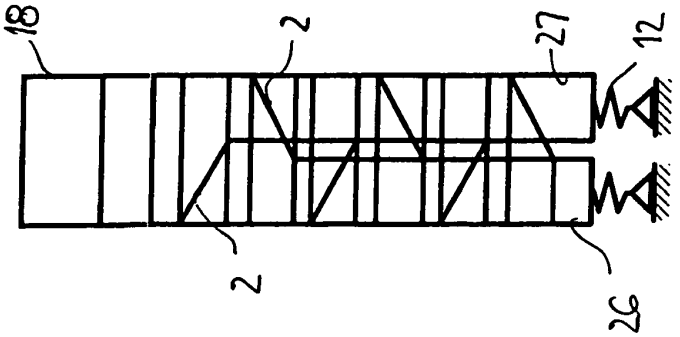


Fig. 23

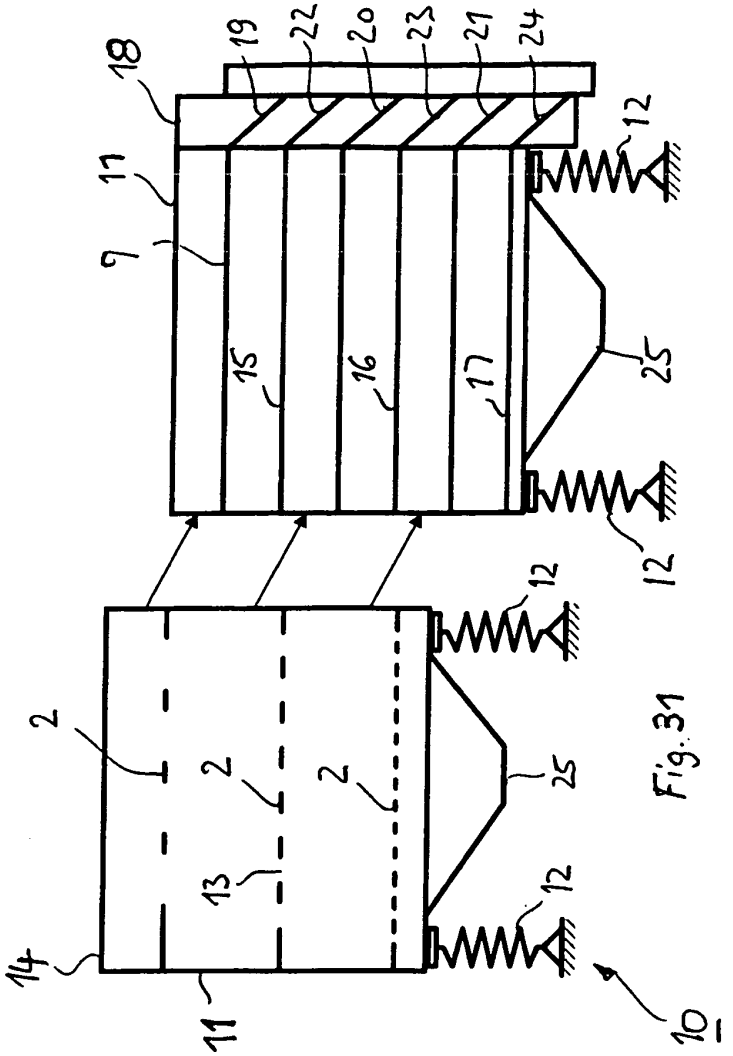


Fig. 31

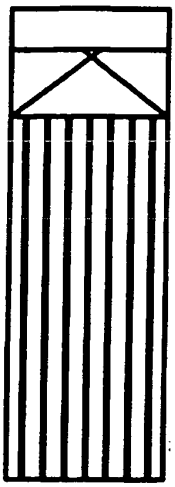
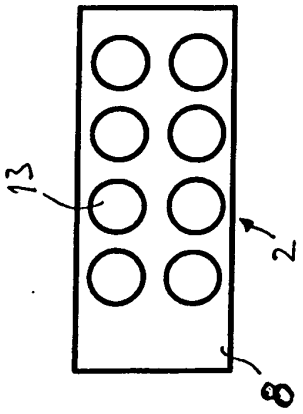


Fig. 33



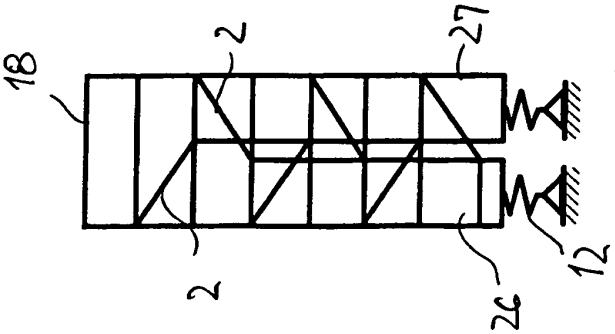


Fig. 32

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

- DE 102006001043 A1 **[0003]**
- US 1955032 A **[0004]**
- US 4254878 A **[0005]**