



(11) **EP 3 772 377 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
20.11.2024 Patentblatt 2024/47

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B02C 17/14 ^(2006.01) **B02C 19/16** ^(2006.01)
B02C 15/10 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19190335.0**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B02C 17/14; B02C 15/10; B02C 19/16

(22) Anmeldetag: **06.08.2019**

(54) **SCHEIBENSCHWINGMÜHLE MIT SENSORIK**

DISK VIBRATION MILL WITH SENSOR SYSTEM

BROYEUR VIBRANT À DISQUE DOTÉ DE SYSTÈME DE CAPTEUR

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

- **Mehling, Andre**
49082 Osnabrück (DE)
- **Lischka, Martin**
49074 Osnabrück (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.02.2021 Patentblatt 2021/06

(74) Vertreter: **Stolmár & Partner**
Patentanwälte PartG mbB
Blumenstraße 17
80331 München (DE)

(73) Patentinhaber: **Herzog Maschinenfabrik GmbH & Co. KG**
49086 Osnabrück (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
CH-A- 543 896 DE-A1- 10 123 716
JP-Y1- S4 330 602

(72) Erfinder:

- **Herzog, Jan**
49124 Georgsmarienhütte (DE)

EP 3 772 377 B1

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

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Scheibenschwingmühle mit Sensorik und ein Verfahren zum Überwachen von Funktionen der Scheibenschwingmühle.

Stand der Technik

[0002] Seit Jahrzehnten sind Scheibenschwingmühlen ein fester Bestandteil in vielen Laboren, die vorwiegend die Analyse von anorganischen Materialien durchführen. Scheibenschwingmühlen nutzen eine exzentrische Bewegung, um einen Ring und/oder Stein (sog. Mahlgarnitur) im Mahlgefäß in Bewegung zu setzen. Diese beiden Schwingmassen sorgen im Vergleich zu anderen Mühltypen für einen hohen Energieeintrag und ermöglichen damit eine schnelle Vermahlung von großen Probenmengen. Eine Vermahlung von Probenmaterial ist notwendig, um beispielsweise für die Röntgenfluoreszenzanalyse eine ausreichend homogene Struktur zu erlangen. Da es sich bei dieser Analysenmethode um ein indirektes Messverfahren handelt, muss das Analysengerät kalibriert werden. Dabei kommen Proben mit bekannter Zusammensetzung zur Anwendung. Nach der Kalibrierung ist es wichtig, dass die Proben eine identische Matrix haben. Dies gilt insbesondere für die Korngrößenverteilung. Je besser die Reproduktion des Mahlergebnisses und insbesondere der erreichten Korngrößenverteilung ist, desto genauer fällt die Analyse aus.

[0003] Die Beurteilung der Effizienz und Reproduzierbarkeit des Mahlvorgangs beruht derzeit nahezu ausschließlich auf Erfahrungswerten und Erfassung der Mahldauer. Die Genauigkeit dieses Verfahrensansatzes beruht auf der Annahme, dass das zu vermahlende Material stets die absolut gleichen Eigenschaften hat und der Mahlvorgang immer vollkommen gleichförmig und ungestört verläuft. In der Realität weisen die Materialien jedoch häufig eine große Streuung hinsichtlich zahlreicher Eigenschaften wie z.B. Korngrößenverteilung, Kornmorphologie und mineralogischer Zusammensetzung auf. Außerdem kann es durch äußere und innere Faktoren zu einer Störung des Mahlablaufs kommen.

[0004] Außerdem wird die Mahleffizienz auch durch die Funktionstüchtigkeit der einzelnen Bauteile der Scheibenschwingmühle beeinflusst. Je abgenutzter und verschlissener die Bauteile sind, desto schlechter ist die Gleichförmigkeit der gemahlten Probe.

[0005] Die CH 543 896 offenbart eine Schwingmühle für chargenweisen Betrieb, mit federnd gelagertem Mahlgefäß, bei deren Betrieb eine Unwuchtmasse durch einen separaten, vertikal-achsigen Elektromotor in eine kreisende Schwingbewegung versetzt wird und die Mahlkörper in Form von Scheiben, welche planetenförmig kreisende Bewegungen ausführen, ausgebildet sind. Das Mahlgefäß weist einen Eingabetrichter, eine boden- oder wandseitige Auslauföffnung für das Mahlgut

und zum übergangslosen Verschliessen der Auslauföffnung über Steuermittel betätigbares Verschlussventil auf.

[0006] Die DE 101 23 716 A1 offenbart eine Schwingmühle mit einem Mahlgefäß, das der Aufnahme von zu mahlendem Material und mindestens eines Mahlkörpers dient und zur Ausführung von Schwingbewegungen an einem Schwingkörper gehalten ist, wobei das Mahlgefäß mit einem zu öffnenden Deckel verschlossen ist, der mittels einer Spanneinrichtung gegen das Mahlgefäß anpreßbar ist. Der Deckel ist zum Ausführen einer Öffnungsbewegung beweglich angelenkt.

[0007] Die JP S43 30602 Y1 scheint eine aufgehängte Schwingscheibenmühle zu offenbaren.

Darstellung der Erfindung

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es daher zum Einen die Effizienz des Mahlprozesses zu verbessern und die Effekte auf das Mahlgut sowie die Funktionstüchtigkeit der einzelnen Bauelemente der Scheibenschwingmühle zu überwachen.

[0009] Eine erfindungsgemäße Schwingscheibenmühle zum Mahlen von Mineralproben, umfasst eine Mühlenanordnung mit einer Mahlkammer und einem Antriebsmotor, der mit der Mahlkammer bewegungsfest verbunden ist, der eine Schwingung erzeugt und diese auf die Mahlkammer überträgt, einen Lagerrahmen, an dem die Mühlenanordnung gefedert gelagert ist, wobei an der Mühlenanordnung ein Beschleunigungssensor angeordnet ist, der die Beschleunigung der Mühlenanordnung in x- und y- Richtung, insbesondere auch in z- Richtung erfasst. Die x- Richtung und y- Richtung sind radiale Richtungen. Durch den Beschleunigungssensor kann das Schwingverhalten der Mühlenanordnung überwacht werden, so dass sich Rückschlüsse auf das Mahlverhalten und die Funktionstüchtigkeit einzelner Bauteile ziehen lassen.

[0010] Der Beschleunigungssensor ist bevorzugt am Flansch zwischen Antriebsmotor und Mahlkammer befestigt, weiter vorzugsweise direkt an der Mahlkammer. Dadurch kann das Schwingverhalten der Mahlkammer genauer überwacht werden, wobei die Anbringung des Sensors am Flansch eine leichte Zugänglichkeit für die Montage des Sensors garantiert.

[0011] Die Mühlenanordnung ist vorzugsweise an zumindest drei, insbesondere vier Lagerstellen, jeweils mittels Zug- und/oder Druckfedern gelagert. Dadurch lässt sich der gemessene Verschleiß gut auf die einzelnen Federn zuordnen. Eine Federanordnung umfasst vorzugsweise jeweils eine Druckfeder und zwei Zugfedern.

[0012] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Überprüfung von Funktionen einer solchen Schwingscheibenmühle, umfasst die Schritte des Durchführens eines Mahlvorgangs, des Messens der Beschleunigungen der Mühlenanordnung in x- und y- Richtung, wobei die x- und y- Richtung radiale Richtungen sind, insbesondere auch in z-Richtung, und des Aufzeichnens der gemessenen

Beschleunigungswerte als Beschleunigungskurve. Die Beschleunigungskurve kann dann Informationen auf den Mahlfortschritt geben, oder Rückschlüsse auf den Maschinenverschleiß erlauben. Das Durchführen des Mahlvorgangs wird bevorzugt zumindest einmal unter vorbestimmten Bedingungen durchgeführt und die entsprechende Beschleunigungskurve als Referenzkurve hinterlegt. Spätere Mahlvorgänge können dann ebenfalls unter den vorbestimmten Bedingungen durchgeführt werden und die entsprechenden Beschleunigungskurven mit der Referenzkurve verglichen werden, so dass eine Lokalisierung von verschlissenen Bauteilen ermöglicht wird. Die vorbestimmten Bedingungen umfassen insbesondere eine leere Mahlkammer, so dass die Bedingungen für spätere Vergleichsmahlvorgänge einfach reproduziert werden können und eine gute Vergleichbarkeit sichergestellt wird.

[0013] Ferner werden die Schritte des Durchführens eines Mahlvorgangs, des Messens der Beschleunigungen und des Aufzeichnens der Beschleunigungswerte vorzugsweise bei jedem Mahlvorgang ausgeführt. So lassen sich die Mahlvorgänge automatisieren, um ein optimales Mahlergebnis zu erhalten. Dadurch kann insbesondere auch der Mahlvorgang an einem vorbestimmten Bereich der Beschleunigungskurve abgebrochen und ein Agglomerieren des Mahlguts verhindert werden.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0014]

Fig. 1a zeigt eine Scheibenschwingmühle in einer isometrischen Ansicht;

Fig. 1b zeigt eine Scheibenschwingmühle in einer Seitenansicht;

Fig. 1c zeigt eine Scheibenschwingmühle in einer Draufsicht;

Fig. 2 zeigt Beschleunigungskurven in x- und y- Richtung;

Fig. 3 zeigt Mechanismen für die Aufmahlung in Abhängigkeit der Korngrößen;

Fig. 4 zeigt die Entwicklung der Korngrößenverteilung in Abhängigkeit zur Mahldauer;

Fig. 5 zeigt eine Darstellung der Beschleunigungswerte eines Mahlvorgangs;

Fig. 6 zeigt Kalibrationskurven für Standardabweichung und Mittelwerte der Quadratmittel von x- und y- Beschleunigung in Bezug auf Anteil der Korngrößenfraktion kleiner 45 μm ;

Fig. 7 zeigt eine Korrelation der Mahldauer nach dem

Umschlagspunkt;

Fig. 8 zeigt Darstellung der Vektorendpunkte aus x- und y- Beschleunigung als eine kreisförmige Verteilung der Datenpunkte;

Fig. 9a und 9b zeigen eine Darstellung der Mittelwerte der Beschleunigungsvektoren in den Kreissegmenten aus Figur 8 von Referenzfahrten und nachfolgenden Testläufen mit geschwächten horizontalen Zugfedern;

Fig. 10 zeigt eine Darstellung der Differenzen der Mittelwerte zwischen Referenzläufen und Testläufen für Mittelwerte und Standardabweichung in den einzelnen Segmenten bei geschwächten horizontalen Zugfedern;

Fig. 11 zeigt eine Darstellung der Vektoren sowie der Quadratmittel aus den x- und y-Beschleunigungswerten vor dem Abriss von Verankerungsschrauben des Verbindungsflansches;

Fig. 12 zeigt eine Darstellung der Beschleunigungswerte während eines Abrisses der Verankerungsschraube bei einem Mahlvorgang;

Fig. 13a und 13b zeigen einen Vergleich von zwei Testläufen mit neuer und abgenutzter Mahlgarnitur; und

Fig. 14 zeigt eine Darstellung der Differenzen der Mittelwerte zwischen Referenzläufen und Testläufen für Mittelwerte und Standardabweichung in den einzelnen Segmenten.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0015] Im Folgenden beziehen sich die Begriffe "axial", "radial" und "umfänglich" auf die Längsachse der Mühlenanordnung 12. "Axial" bedeutet entlang der Längsachse (in Fig. 1b von unten nach oben), "radial" eine Richtung senkrecht zur Längsachse und "umfänglich" eine Richtung um die Längsachse herum.

[0016] In den Figuren 1a, 1b und 1c ist eine Scheibenschwingmühle 10 in verschiedenen Ansichten dargestellt. Die Scheibenschwingmühle 10 umfasst eine Mühlenanordnung 12 und einen Lagerrahmen, der fest in der Umgebung verankert ist, bspw. am Boden einer Werkshalle. Die Mühlenanordnung 12 ist insbesondere über Zugfedern 15 und Druckfedern 17 an dem Lagerrahmen federnd gelagert. In der dargestellten Ausführungsform sind vier Lagerstellen 21 mit jeweils zwei Zugfedern 15 und vier Lagerstellen 22 mit jeweils einer Druckfeder 17 vorgesehen. Es können aber auch nur drei Lagerstellen 21, 22 oder auch mehr als vier Lagerstellen 21, 22 sein. Vorzugsweise ist die Anzahl der Lagerstellen für die Zug- und Druckfedern gleich, sie kann

aber auch unterschiedlich sein. Die Lagerung kann auch mit Dämpfern versehen sein.

[0017] Die Mühlenanordnung 12 weist eine Mahlkammer 14 mit einer Befüllungsöffnung auf, die mit einem Deckel 13 verschließbar ist und durch die das Mahlgut in die Mahlkammer 14 eingefüllt wird. In der Mahlkammer 14 sind die Mahlelemente (nicht dargestellt) vorgesehen, die auch Mahlgarnitur genannt werden. Bevorzugt weist die Mahlkammer 14 einen Zylinderförmigen Hohlraum mit einem kreisrunden Querschnitt auf, in dem ein Mahlring und ein Mahlzylinder/-stein lose angeordnet sind. Wenn dann der Antriebsmotor 16 durch eine Exzentermasse eine Schwingung erzeugt, die auf die Mahlkammer 14 übertragen wird, geraten die Mahlelemente selbst in Schwingungen und stoßen aneinander und zerreiben so das Mahlgut. Der Antriebsmotor 16 ist an der Mahlkammer 14 über einen Flansch 24 befestigt.

[0018] An der Mühlenanordnung 12 ist ein Beschleunigungssensor 20 angebracht, der zumindest die Beschleunigung in x- und y- Richtung (radiale Richtungen) vorzugsweise auch in z-Richtung (axiale Richtung) erfassen kann. Der Beschleunigungssensor 20 ist bevorzugt am Flansch 24 oder direkt an der Mahlkammer 14 befestigt, kann aber generell überall an der Mühlenanordnung 12 angebracht werden.

[0019] Die Zug- und Druckfedern 15, 17 kontrollieren den horizontalen Verlauf und verhindern ein Aufschwingen des Mahlgefäßes in der vertikalen Achse. Typischerweise laufen die Antriebsmotoren von Scheibenschwingmühlen 10 mit einer Drehzahl von 300 bis maximal 1500 U/min. Die Schwingung wird über eine Exzentermasse erzeugt. Durch die auf die Mahlkammer 14 übertragenen Schwingungen werden der Mahlstein und der Mahlring in Bewegung versetzt und unterschiedliche Zerkleinerungsprozesse innerhalb des Mahlgefäßes in Gang gesetzt (siehe Fig. 3). Dazu gehören die Kompression des Partikels zwischen Mahlkammerwand, Mahlring und/oder Mahlstein, die Scherung des Partikels zwischen Wand, Ring und/oder Stein, der Aufprall von Ring und/oder Stein auf den Partikel, den Aufprall des Partikels auf Wand und die Kollision zwischen zwei Partikeln.

[0020] Zur Aufnahme der Bewegung des Mahlaggates kommt dann der kapazitive Beschleunigungssensor 20 zum Einsatz, der die Beschleunigung insbesondere unabhängig voneinander in allen drei Dimensionen (x-, y- und z-Richtung) aufzeichnen kann. Aufgrund der auftretenden Kräfte muss dieser in der Lage sein, Beschleunigungen von bis zu 10G oder mehr aufnehmen zu können. Mit den aufgenommenen Sensordaten können verschiedene Phasen des Mahlprozess ausgewertet und graphisch dargestellt werden. Beispielsweise ist eine solche Darstellung in Figur 2 mit den Beschleunigungswerten in x- und y - Richtung gezeigt. Bei ungestörter Bewegung des Mahlgefäßes ohne Material zeigen die Beschleunigungswerte ein sinusförmiges Schwingungsmuster mit einem Phasenunterschied von 90°. Die resultierenden Quadratmittel

$QM = \sqrt{(x^2 + y^2)}$ der x- und y- Beschleunigung ergeben in diesem Fall konstante Werte mit nur geringen Schwankungen.

[0021] Bei der Vermahlung treten abhängig von der Partikelgröße verschiedene Zerkleinerungsmechanismen auf. Während bei grobem Korn eher Kompaktionskräfte zur Zerkleinerung beitragen, kommen bei feinen Partikeln eher Scherkräfte zum Tragen (siehe Fig. 3). Bei einer sogenannten Übermahlung kann es zu Agglomerationen des Materials kommen (siehe Fig. 4). Dies geht mit einer Korngrößenzunahme und Anpackungen in der Mahlkammer 14 einher. Diese verhindern nicht nur die Aufmahlung, sondern erhöhen auch das Risiko, dass das Probenmaterial nicht vollständig aus der Mahlkammer 14 ausgetragen wird. Damit kann es zu Fehlern in der Analyse kommen und es besteht die Möglichkeit der Materialverschleppung. Daher ist eine rechtzeitige Abschaltung der Scheibenschwingmühle 10 notwendig.

[0022] Der Beschleunigungssensor 20, der an der Mühlenanordnung 12 befestigt wird, kann genutzt werden, um die Bewegungen des Mahlgefäßes mit Abtastraten von 100 Hz oder höher aufzuzeichnen. Die Daten werden über ein Steuermodul der Mühle an ein übergeordnetes Auswertesystem mit Datenbank ausgegeben. Die während des Mahlvorganges aufgezeichneten Veränderungen der Beschleunigungswerte geben Aufschluss über die durch das Vermahlen bedingten Veränderungen des Materials in der Mahlkammer 14. Die Beschleunigungswerte sowie deren Veränderungen können graphisch dargestellt und statistisch ausgewertet werden. Umfangreiche experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, dass die Zunahme der Korngrößenfraktion im unteren Bereich (z.B. <45-70µm) eine charakteristische Veränderung der Mahlgefäßbeschleunigung mit sich bringt. Ein stets zu beobachtendes Muster ist eine signifikante Störung der sinusförmigen Schwingung des Mahlgefäßes. Dies zeigt sich in einer Zunahme der Standardabweichung der Beschleunigungswerte in x- und y- Richtung sowie des Quadratmittels beider Werte (siehe Fig. 5). Bei einer Störung kommt es im Verlauf des Mahlvorgangs zu einer Zunahme der Streuung des Quadratmittels (hier die resultierende horizontale Beschleunigung). Außerdem ist eine Abnahme der Resultierenden zu beobachten. Der eigentliche Zerkleinerungsprozess mit signifikanter Veränderung der Korngrößenverteilung setzt am Umschlagspunkt U ein (gestrichelte senkrechte Linie).

[0023] Die Veränderung der Standardabweichung des Quadratmittels korreliert signifikant mit der Veränderung der Partikelgröße und kann als Maß für die Korngrößenverteilung in der herangezogen werden. Darüber hinaus können weitere Parameter wie Veränderung der Beschleunigungsmittelwerte sowie Frequenzänderungen in der Fast Fourier Transformations (FFT)- Analyse verwendet werden, um zusätzliche Aussagen über Materialveränderungen wie z.B. Auftreten von Agglomeraten

zu treffen. Da die Veränderung der Beschleunigungsparameter von der zu vermahlenden Materialart sowie dem verwendeten Mühlentyp abhängt, ist es notwendig, Kalibrationskurven für unterschiedliche Materialarten und unterschiedliche Mühlentypen bzw. Mahlkammern 14 anzufertigen. Für die Kalibrierung der Mühlenanordnung 12 werden Materialien bekannter Korngrößenverteilung in die Mahlkammer 14 gegeben. Die sich daraus ergebenden Beschleunigungswerte können für die Erstellung von Kalibrationskurven herangezogen werden, um bereits während des Mahlvorgangs eine Vorhersage über die Korngrößenverteilung treffen zu können. So sind beispielsweise in Fig. 6a und 6b Kalibrationskurven (Material: Klinker) für Standardabweichung und Mittelwerte der Quadratmittel von x- und y- Beschleunigung in Bezug auf Anteil der Korngrößenfraktion kleiner 45 µm dargestellt.

[0024] Ein anderer Verfahrensansatz zeigt, dass Unterschiede in der Eingabekorngröße mit einer dynamischen Parametrierung ausgeglichen werden können. Dafür betrachtet man die Mahldauer in Bezug auf die erreichte Endfeinheit nach dem sog. Umschlagspunkt U. Dieser Umsatzpunkt wird durch eine qualitative Änderung der Beschleunigungsparameter markiert und zeigt sich i. d. R. durch eine Zunahme der Standardabweichung und Abnahme der Beschleunigungswerte (siehe Fig. 5). Untersuchungen haben gezeigt, dass dieser Umschlagspunkt dem Beginn einer signifikanten Zunahme der Fraktion mit geringer Korngröße entspricht. In Fig. 7 ist exemplarisch dargestellt, wie die Mahldauer nach dem Umschlagspunkt U mit der Veränderung der Korngrößenfraktion korreliert. Der verwendete Datensatz beinhaltet zwei unterschiedliche Proben von Ferrotitan (feines Material und grobes Material). Damit lassen sich Unterschiede bei der Eingabekorngrößenextrapolieren.

[0025] Durch die Aufzeichnung und Überwachung der Beschleunigungsdaten kann so zuverlässig der Zeitpunkt ermittelt werden, zu dem eine Scheibenschwingmühle 10 für ein bestimmtes Mahlgut abgeschaltet werden soll, bzw. es können Beschleunigungsgrenzwerte in der Steuerung hinterlegt werden, die beim unter- oder überschreiten dann ein Abschalten der Mühle zur Folge haben. So können auch ohne persönliche Überwachung der Scheibenschwingmühle 10 durch den Benutzer optimale Korngrößenverteilungen des Mahlguts erreicht werden.

[0026] Die Beschleunigungsdaten bilden darüber hinaus auch die Grundlage für eine sog. Zustandsüberwachung (Tool Condition Monitoring, TCM). Das TCM-System dieser Scheibenschwingmühle 10 ist durch die Beschleunigungsdaten in der Lage, Aussagen über den Funktionszustand der horizontalen Zugfedern 15, der vertikalen Druckfedern 17, des Antriebsmotors 16 sowie der Mahlelemente/-garnitur in der Mahlkammer 14 zu treffen. Eine Überwachung dieser Komponenten ist von großer Bedeutung, da eine signifikante Änderung ihres Zustandes zu einer Beeinflussung der Mahleffizienz beiträgt und damit die Reproduzierbarkeit der Mahlergeb-

nisse und der Korngrößenverteilung verschlechtert. Eine Abnahme der Reproduzierbarkeit der Mahlergebnisse hat einen unmittelbaren Einfluss auf die Reproduzierbarkeit und Genauigkeit der Analyseergebnisse.

[0027] Der Ablauf zur Erstellung und Aufrechterhaltung einer Zustandsüberwachung ist wie folgt: Über sogenannte Referenzfahrten werden die Beschleunigungsdaten eines störungsfreien Mahlvorgangs mit vorbestimmten Bedingungen erfasst und gespeichert. Als ein solcher Referenzmahlvorgang eignet sich insbesondere ein störungsfreier Leerlauf (also ohne Mahlgut). Die Kennwerte werden hierfür über eine bestimmte Zeitspanne mit definierter Drehzahl aufgezeichnet. In regelmäßigen Abständen werden diese Kennwerte erneut in Form sog. Testläufe mit genau den gleichen Parametern ermittelt und mit den Referenzwerten verglichen.

[0028] Für die Auswertung der Zustandsüberwachung wird auf den Vektor aus x- und y-Beschleunigung zurückgegriffen. Dieser Vektor besitzt im Gegensatz zu dem Quadratmittel eine Richtung. Alle Vektoren sowohl der Referenz- als auch der Testfahrt ergeben zusammen einen mehr oder minder gleichförmigen Kreis. Dieser Kreis wird zur topologischen Diagnose in 18 Segmente mit einem Öffnungswinkel von beispielsweise je 20° eingeteilt. In Fig. 8 ist eine Darstellung der Vektorendpunkte aus x- und y- Beschleunigung gezeigt. Es ergibt sich eine kreisförmige Verteilung der Datenpunkte. Für jedes Segment werden nun für jede Referenzfahrt und Testfahrt der Mittelwert und die dazugehörigen Standardabweichung der in dem Segment enthaltenen Vektoren berechnet. In den Figuren 9a sind Mittelwerte der Beschleunigungsvektoren in den 18 Segmenten dargestellt, die aus den Ergebnissen von 10 Referenzfahrten stammen.

[0029] Die horizontalen Zugfedern des Schwingaggregats spielen eine besonders wichtige Rolle, um das Schwingaggregat im Gleichgewicht zu halten und das Mahlgefäß in einer möglichst kreisförmigen Bahn zu führen. Die Abweichung von dieser Bahn aufgrund der Schwächung einer oder mehrerer Federn führt zu einer Abweichung von dieser Idealbahn und einer Beeinträchtigung des Mahlergebnisses. In der Segmentbetrachtung der Beschleunigungswerte zeigt sich in den Segmenten, in denen die beeinträchtigten Federn lokalisiert sind, eine Reduzierung der Mittelwerte und eine Zunahme der Standardabweichung (Fig. 9b). In den Figuren 9a und 9b ist ein Vergleich der Mittelwerte der Beschleunigungsvektoren in den 18 Segmenten dargestellt, wobei Fig. 9a die Ergebnisse aus 10 Referenzfahrten und Fig. 9b 10 konsekutiven Testläufen mit geschwächten horizontalen Zugfedern im linken Bereich des Schwingaggregats umfassen. Die Betrachtung der Wertdifferenzen zwischen Referenz- und Testläufen ergibt ein charakteristisches Muster. In (Fig. 10 sind die Differenzen der Mittelwerte zwischen Referenzläufen und Testläufen für Mittelwerte (oben) und Standardabweichung (unten) in den einzelnen Segmenten dargestellt. Es zeigen sich die typischen Auswirkungen von geschwächten Zugfedern mit Abnahme der Mittelwerte und Zunahme der Standardabwei-

chung in den betroffenen Segmenten.

[0030] Auch der Antriebsmotor 16 und insbesondere dessen Befestigung am Flansch 24 ist aufgrund der freien Aufhängung in dem Lagerrahmen einer relativ hohen mechanischen Belastung unterworfen. Dabei kann es zu einer Schädigung der Ankerschrauben zwischen Motor und Exzentergehäuse bis hin zum Abriss kommen. Durch das TCM- System der Mühle können solche Schwächungen bereits vor dem Abriss erkannt und das entsprechende Gegenmaßnahmen ergriffen werden i.S. einer prädiktiven Wartung. Die Beschleunigungswerte zeigen bei einer Schwächung der Ankerschrauben einen lokalen Abfall in den entsprechenden Segmenten. Außerdem kommt es zu einer zunehmenden Deformierung des kreisförmigen Beschleunigungsmusters. In Figur 11 sind verschiedene Darstellungen der Vektoren (Kreis) sowie der Quadratmittel (Diagramm) aus den x- und y-Beschleunigungswerten vor dem eigentlichen Abriss der Verankerungsschrauben gezeigt. Erkennbar ist eine deutliche Deformierung des Vektorverlaufs, welcher eine Diagnose eines drohenden Abrisses schon Tage vor dem Ereignis ermöglicht. Der Abriss der Ankerschraube selbst zeigt ein ebenfalls charakteristisches Muster, welches von dem System detektiert werden kann. Bei einem Abriss der Verankerungsschraube entsteht ein plötzlicher Abfall der Beschleunigungswerte während eines Mahlvorgangs (Fig. 12).

[0031] Und schließlich haben die Integrität der Form sowie das Gewicht von Ring und Stein ebenfalls einen entscheidenden Einfluss auf die Mahlleistung der Scheibenschwingmühle 10 und auf das Mahlergebnis. Im Laufe der Zeit kommt es aufgrund der mechanischen Belastung zu einer Abnutzung der Mahlgarnitur, was zu einer Formveränderung v.a. an den Phasen von Ring und Stein sowie einer Gewichtsabnahme führt. Die Mahlgarnitur kann mit Hilfe des TCM- Systems überwacht werden. Mit zunehmender Abnutzung zeigt sich in den Testläufen eine Zunahme der Standardabweichung. In Fig. 13a und 13 b werden zwei Testläufe mit neuer (Fig. 13a) und abgenutzter (Fig. 13b) Mahlgarnitur verglichen. Diese Abweichung ist im Gegensatz zu der lokalen Veränderung bei den Federn in allen Segmenten nachweisbar. In Fig. 13 sind die Differenzen der Mittelwerte zwischen Referenzläufen und Testläufen für Mittelwerte (oben) und Standardabweichung (unten) in den einzelnen Segmenten dargestellt. In dieser Figur zeigen sich die Auswirkungen einer abgenutzten Mahlgarnitur. Dabei kommt es zu einem Abfall der Mittelwerte und Anstieg der Standardabweichung in allen Segmenten.

[0032] Ferner können auch weitere wichtige Zustände der Mühle mit Hilfe des TCM- Systems erkannt werden. So könnte bei besonders klebrigem und anhaftungsfähigem Material festgestellt werden, ob das Mahlgefäß ausreichend gereinigt wurde oder ob noch nach der Reinigung noch Restmaterial vorhanden ist, welches möglicherweise zu einer Kontamination der nachfolgenden Probe führen könnte. Die FFT- Analyse eröffnet zudem Möglichkeiten, die Bildung von Agglomeraten zu erken-

nen.

Bezugszeichenliste

- 5 **[0033]**
- Scheibenschwingmühle 10
Mühlenanordnung 12
Deckel 13
10 Mahlkammer 14
Zugfeder 15
Antriebsmotor 16
Druckfeder 17
Beschleunigungssensor 20
15 Lagerstellen 21, 22
Flansch 24

Patentansprüche

- 20 1. Scheibenschwingmühle (10) zum Mahlen von Mineralproben, umfassend

eine Mühlenanordnung (12) mit einer Mahlkammer (14) und einem Antriebsmotor (16), der mit der Mahlkammer (14) bewegungsfest verbunden ist, der eine Schwingung erzeugt und diese auf die Mahlkammer (14) überträgt;
einen Lagerrahmen (18), an dem die Mühlenanordnung (12) gefedert gelagert ist;
dadurch gekennzeichnet, dass
an der Mühlenanordnung (12) ein Beschleunigungssensor angeordnet ist, der die Beschleunigung der Mühlenanordnung in x- und y- Richtung erfasst, wobei die x- und y-Richtung radiale Richtungen sind.

- 30 2. Schwingscheibenmühle (10) nach Anspruch 1, bei der der Beschleunigungssensor (20) am Flansch (24) zwischen Antriebsmotor (16) und Mahlkammer (14) befestigt ist.
- 35 3. Schwingscheibenmühle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Mühlenanordnung (12) an zumindest drei Lagerstellen (21, 22) jeweils mittels Zug- und/oder Druckfedern (15, 17) gelagert ist.
- 40 4. Schwingscheibenmühle nach Anspruch 3, bei der eine Lagerstelle jeweils eine Druckfeder (17) und/oder zwei Zugfedern (15) umfasst.
- 45 5. Verfahren zur Überprüfung von Funktionen einer Schwingscheibenmühle (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, umfassend die Schritte:

- Durchführen eines Mahlvorgangs;
- Messen der Beschleunigungen der Mühlenan-

nordnung in x- und y- Richtung, wobei die x- und y- Richtung radiale Richtungen sind;
- Aufzeichnen der gemessenen Beschleunigungswerte als Beschleunigungskurve.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem das Durchführen des Mahlvorgangs zumindest einmal unter vorbestimmten Bedingungen durchgeführt wird und die entsprechende Beschleunigungskurve als Referenzkurve hinterlegt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem spätere Mahlvorgänge ebenfalls unter den vorbestimmten Bedingungen durchgeführt werden und die entsprechenden Beschleunigungskurven mit der Referenzkurve verglichen werden.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, bei dem die vorbestimmten Bedingungen eine leere Mahlkammer (14) umfassen.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei dem die Schritte Durchführen eines Mahlvorgangs, Messen der Beschleunigungen und Aufzeichnen der Beschleunigungswerte bei jedem Mahlvorgang ausgeführt werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9, bei dem der Mahlvorgang an einem vorbestimmten Bereich der Beschleunigungskurve abgebrochen wird.

Claims

1. Disk vibration mill (10) for grinding mineral samples, comprising
a mill assembly (12) having a grinding chamber (14) and a drive motor (16) that is connected to the grinding chamber (14) in a manner fixed in terms of movement and that generates a vibration and transmits it to the grinding chamber (14);
a bearing frame (18) on which the mill assembly (12) is spring-mounted;
characterized in that
an acceleration sensor is arranged on the mill assembly (12), wherein the acceleration sensor detects the acceleration of the mill assembly in the x- and y-direction, wherein the x- and y-direction are radial directions.
2. Disk vibration mill (10) according to claim 1, wherein the acceleration sensor (20) is attached to the flange (24) between the drive motor (16) and the grinding chamber (14).
3. Disk vibration mill according to one of the preceding

claims, wherein the mill assembly (12) is mounted on at least three bearing points (21, 22) by means of tension and/or compression springs (15, 17).

4. Disk vibration mill according to claim 3, in which a bearing point comprises a compression spring (17) and/or two tension springs (15).
5. Method for checking the functions of a disk vibration mill (10) according to one of claims 1 to 4, comprising the steps of:
- carrying out a milling operation;
- measuring the accelerations of the mill arrangement in the x- and y-direction, the x- and y-direction being radial directions;
- recording the measured acceleration values as an acceleration curve.
6. Method according to claim 5, wherein the milling operation is carried out at least once under predetermined conditions and the corresponding acceleration curve is stored as a reference curve.
7. Method according to claim 6, wherein subsequent milling operations are also carried out under the predetermined conditions and the corresponding acceleration curves are compared with the reference curve.
8. Method according to claim 6 or 7, wherein the predetermined conditions comprise an empty grinding chamber (14).
9. Method according to any one of claims 5 to 7, comprising the steps of performing a grinding operation, measuring the accelerations and recording the acceleration values for each grinding operation.
10. Method according to any one of claims 5 to 9, wherein the grinding operation is terminated at a predetermined region of the acceleration curve.

Revendications

1. Broyeur vibrant à disque (10) pour broyer des échantillons de minéraux, comprenant
un agencement de broyage (12) avec une chambre de broyage (14) et un moteur d'entraînement (16) qui est relié de manière fixe en mouvement à la chambre de broyage (14), qui génère une oscillation et la transmet à la chambre de broyage (14) ;
un cadre de palier (18) sur lequel l'agencement de broyage (12) est monté sur ressort ;
caractérisé en ce que

- un capteur d'accélération est disposé sur l'agencement de broyage (12), qui détecte l'accélération de l'agencement de broyage dans les directions x et y, les directions x et y étant des directions radiales. 5
2. Broyeur vibrant à disque (10) selon la revendication 1, dans lequel le capteur d'accélération (20) est fixé sur la bride (24) entre le moteur d'entraînement (16) et la chambre de broyage (14). 10
3. Broyeur vibrant à disque selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'agencement de broyage (12) est monté sur au moins trois points d'appui (21, 22), chacun au moyen de ressorts de traction et/ou de compression (15, 17). 15
4. Broyeur vibrant à disque selon la revendication 3, dans lequel un point d'appui comprend respectivement un ressort de compression (17) et/ou deux ressorts de traction (15). 20
5. Procédé de vérification des fonctions d'un broyeur vibrant à disque (10) selon l'une des revendications 1 à 4, comprenant les étapes consistant à : 25
- effectuer une opération de broyage ;
 - mesurer des accélérations de l'agencement de broyage dans les directions x et y, les directions x et y étant des directions radiales ; 30
 - enregistrer les valeurs d'accélération mesurées sous forme de courbe d'accélération.
6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel l'exécution de l'opération de broyage est effectuée au moins une fois dans des conditions prédéterminées et la courbe d'accélération correspondante est enregistrée comme courbe de référence. 35
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel des opérations de broyage ultérieures sont également effectuées dans les conditions prédéterminées et les courbes d'accélération correspondantes sont comparées à la courbe de référence. 40
8. Procédé selon la revendication 6 ou 7, dans lequel les conditions prédéterminées comprennent une chambre de broyage (14) vide. 45
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, dans lequel les étapes consistant à effectuer une opération de broyage, à mesurer les accélérations et à enregistrer les valeurs d'accélération sont effectuées à chaque opération de broyage. 50
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, dans lequel l'opération de broyage est interrompue au niveau d'une zone prédéterminée de la 55

courbe d'accélération.

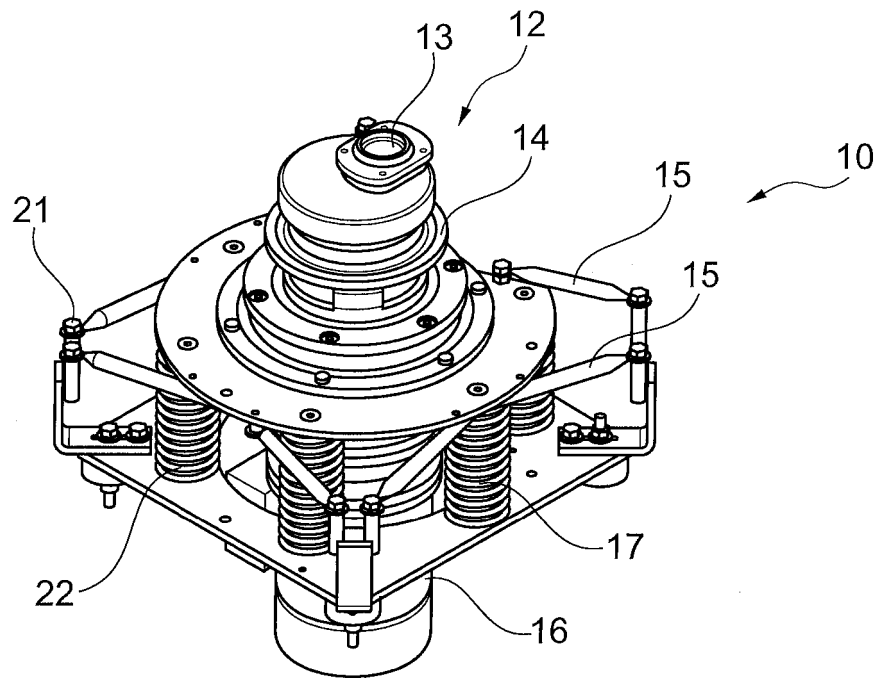


Fig. 1a

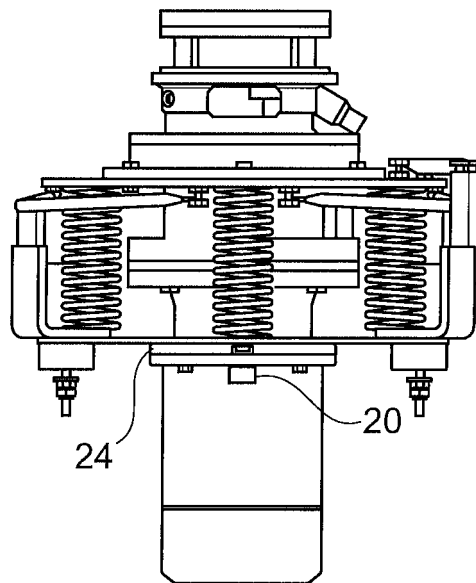


Fig. 1b

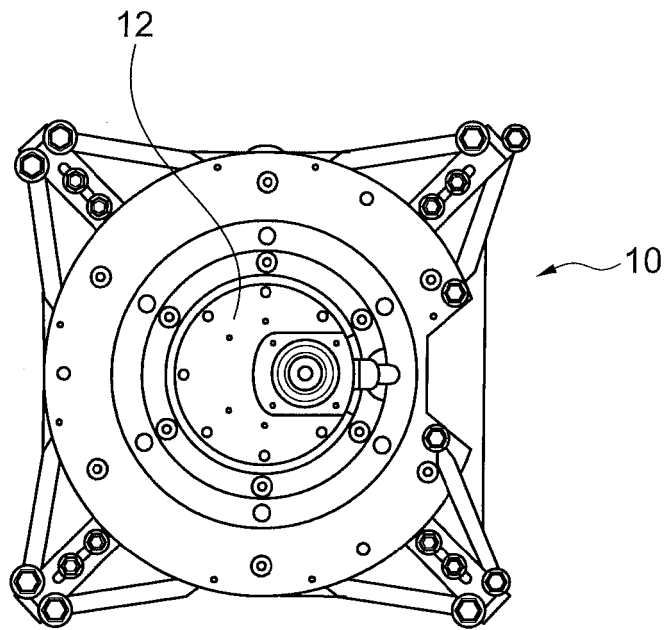


Fig. 1c

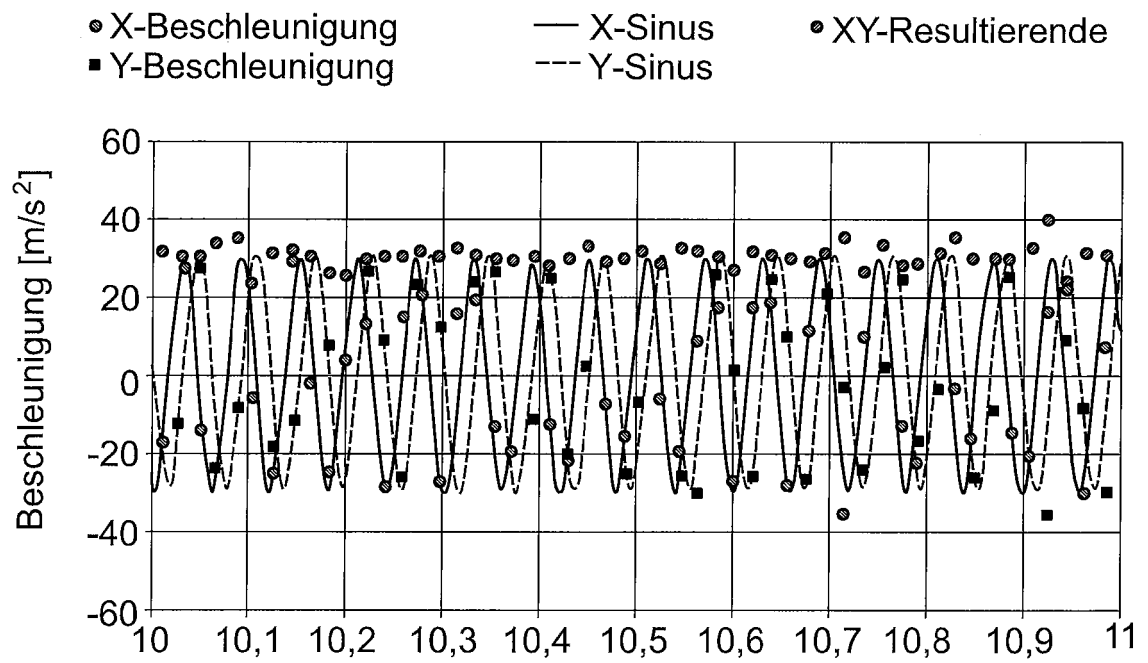


Fig. 2

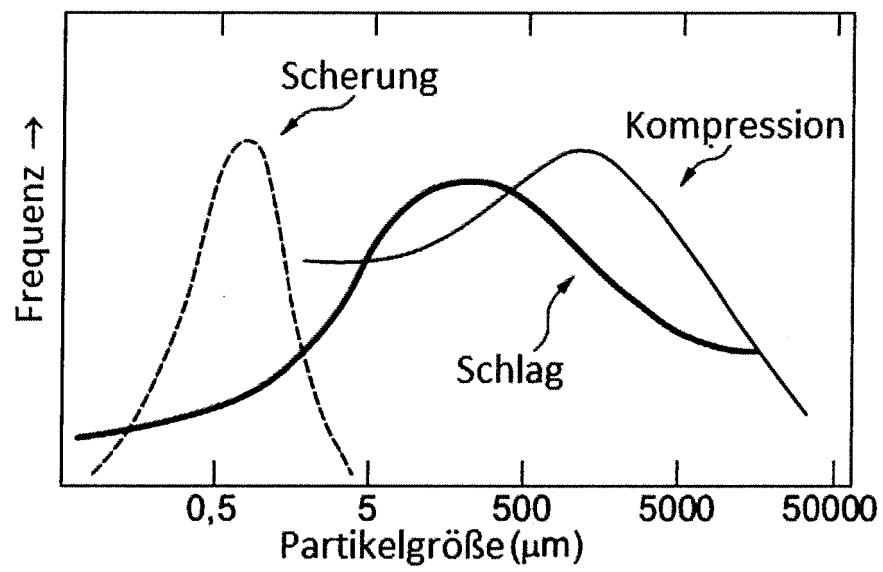


Fig. 3

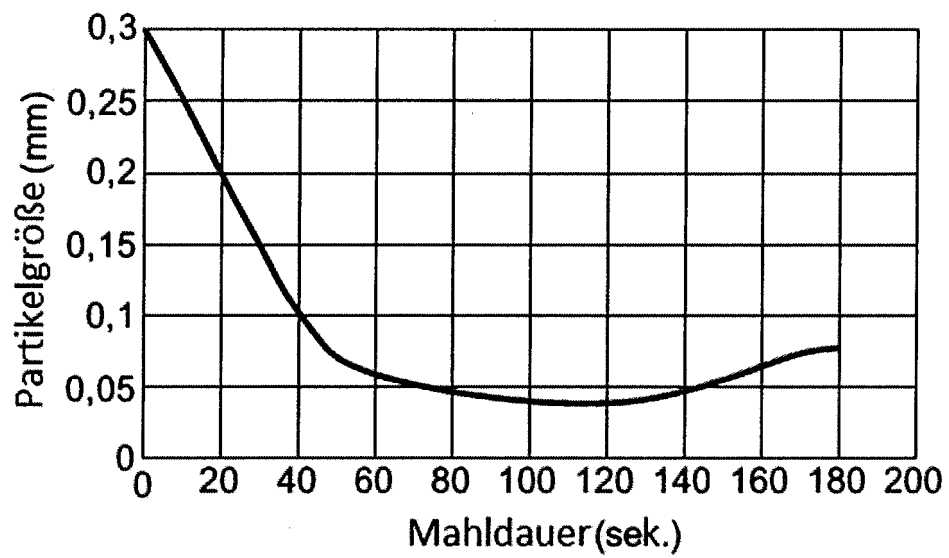


Fig. 4

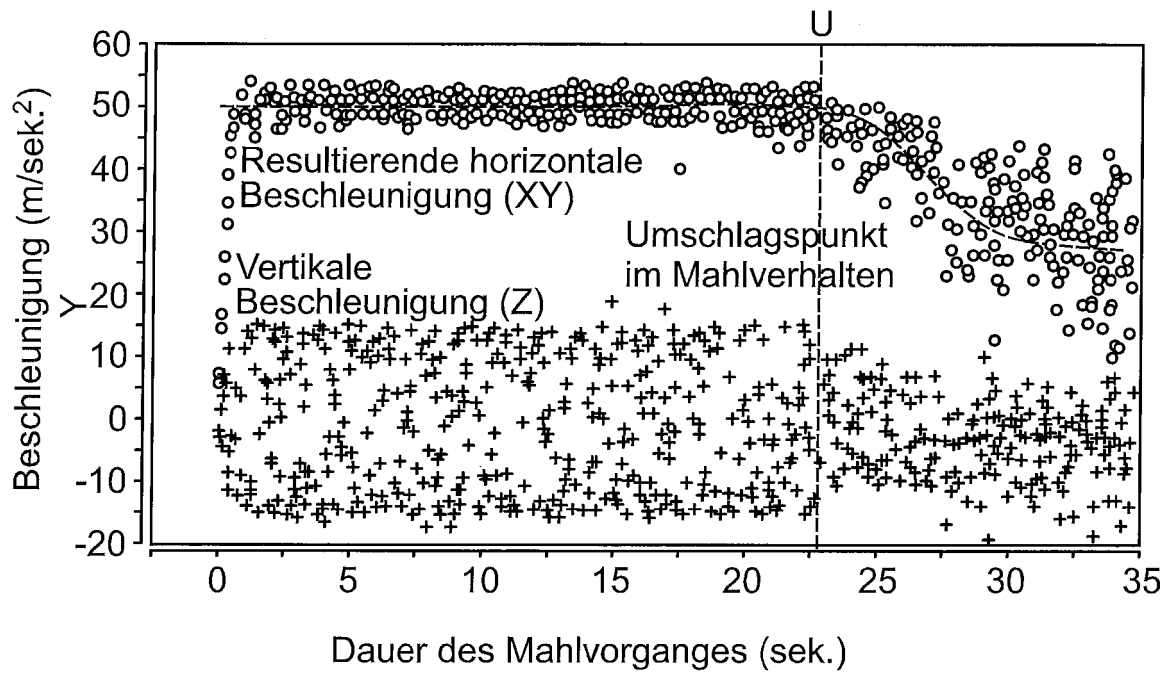


Fig. 5

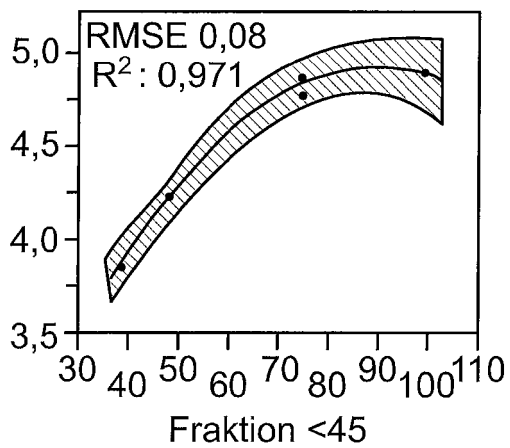


Fig. 6a

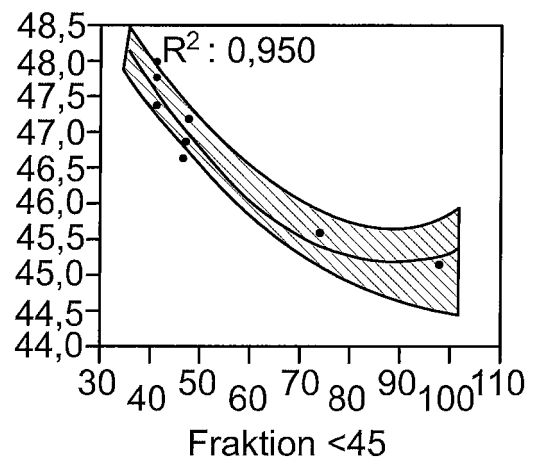


Fig. 6b

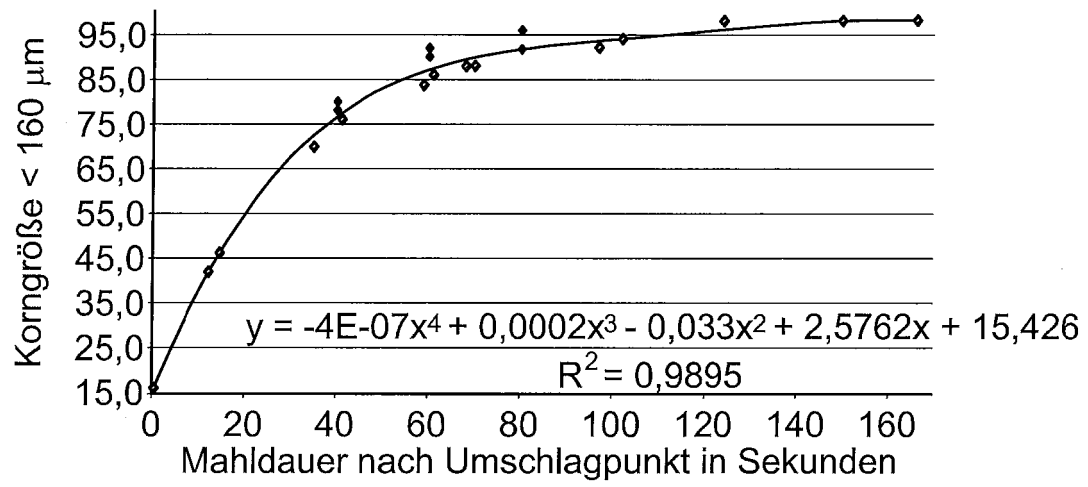


Fig. 7

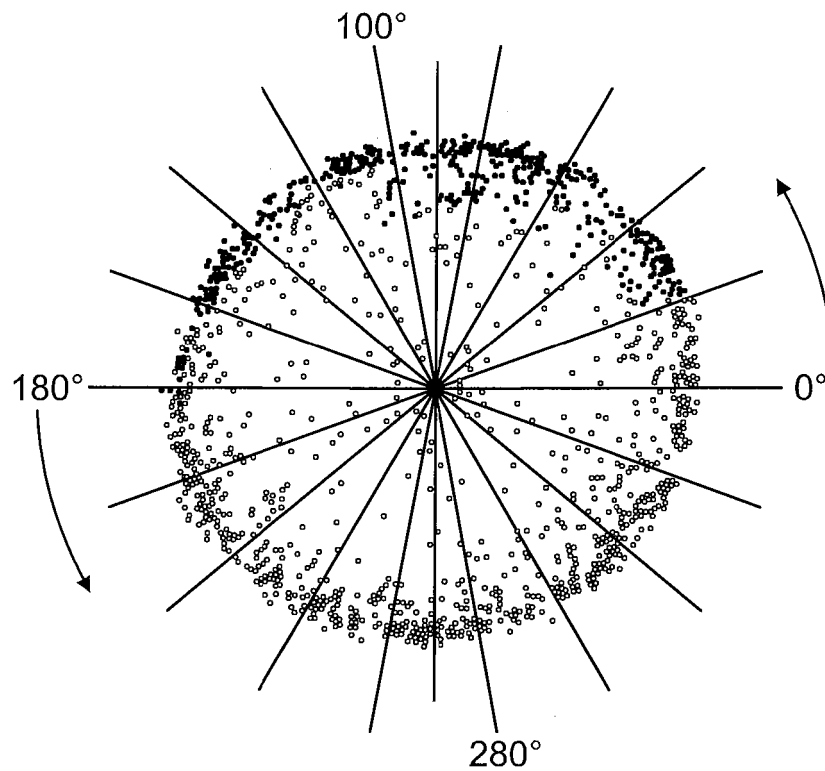


Fig. 8

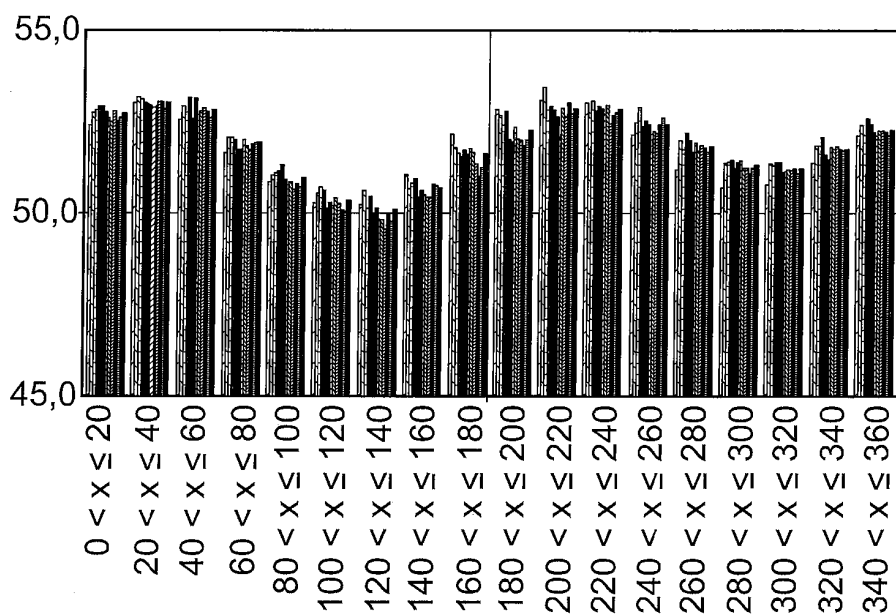


Fig. 9a

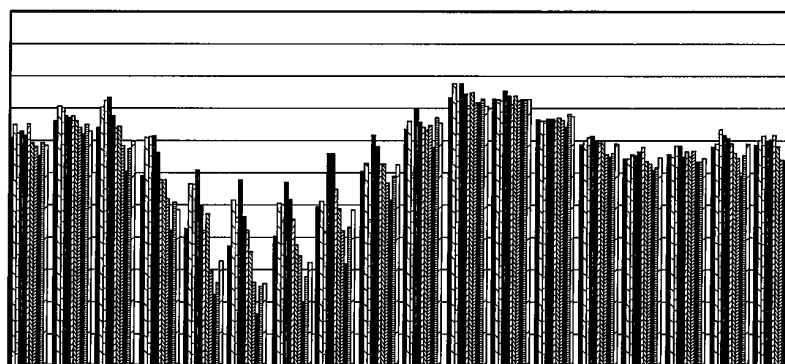


Fig. 9b

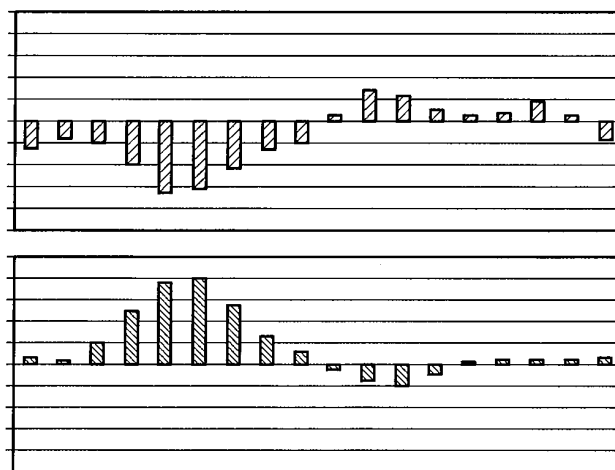


Fig. 10

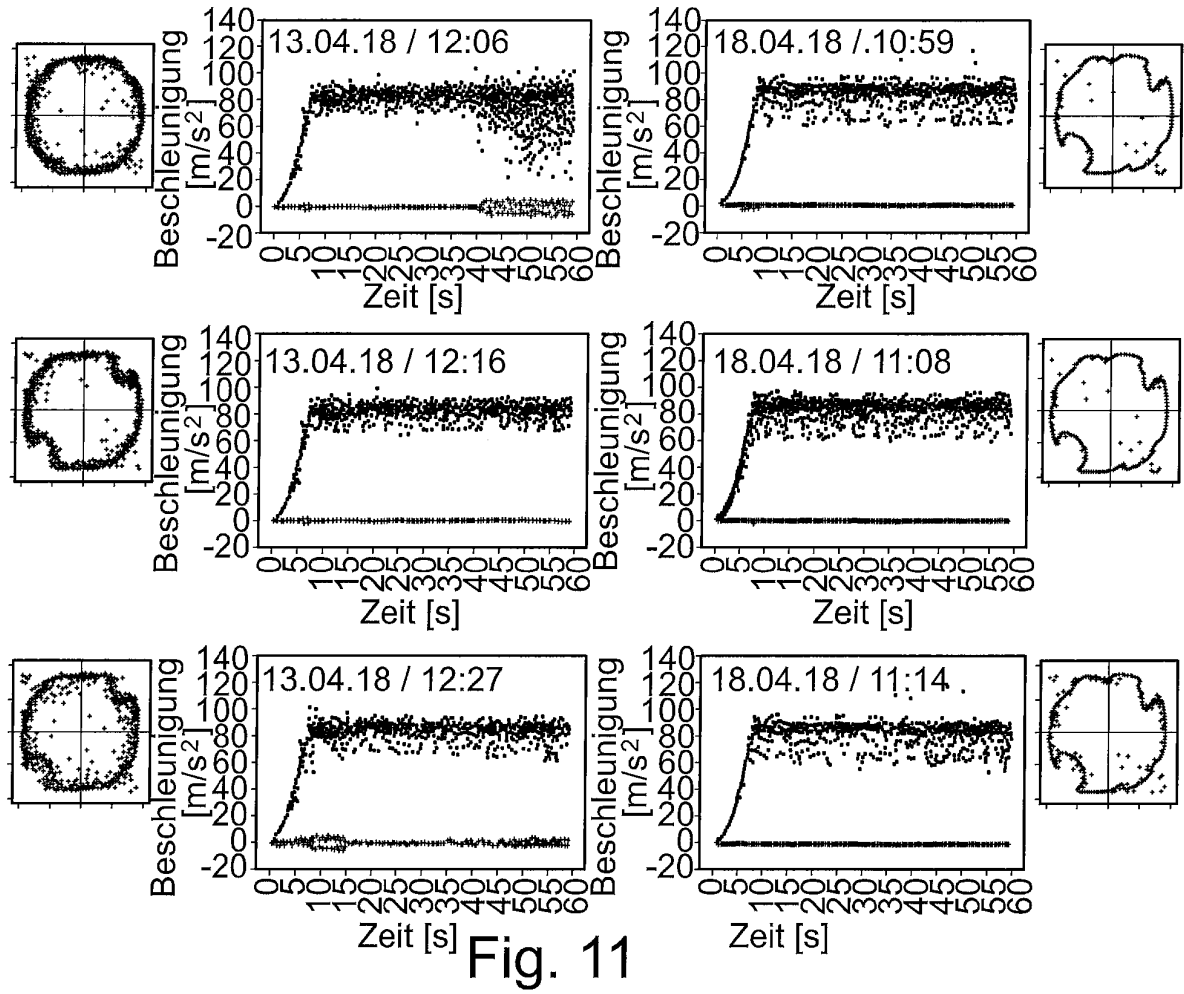


Fig. 11

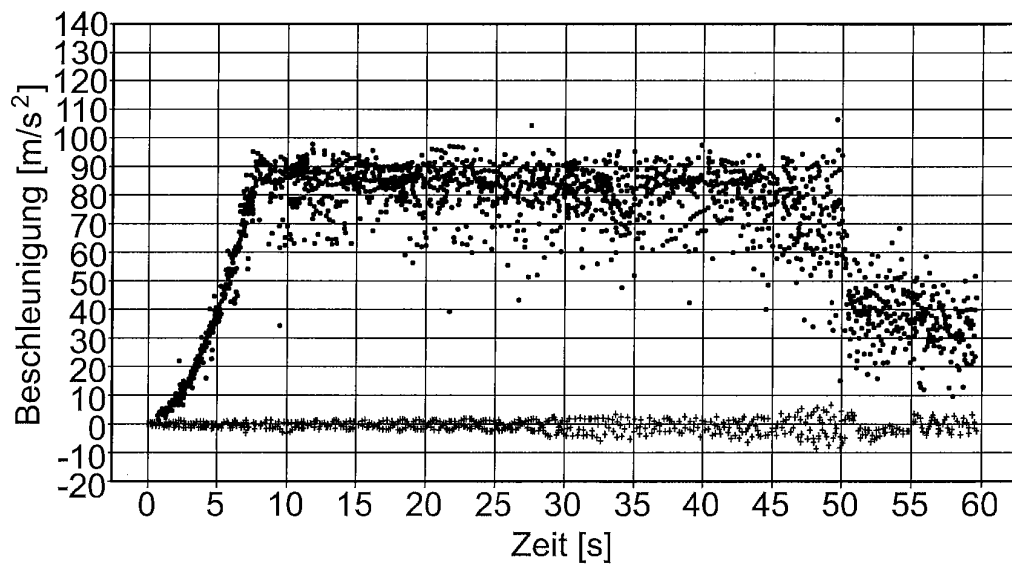


Fig. 12

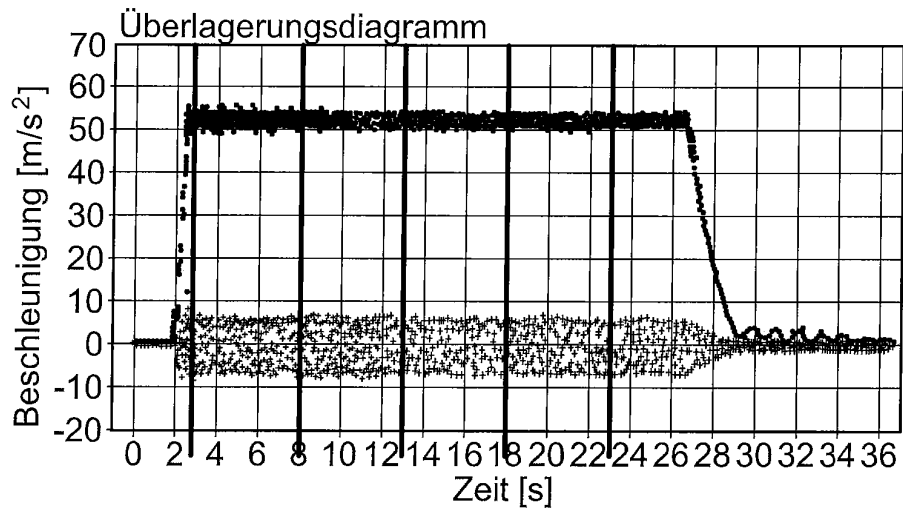


Fig. 13a

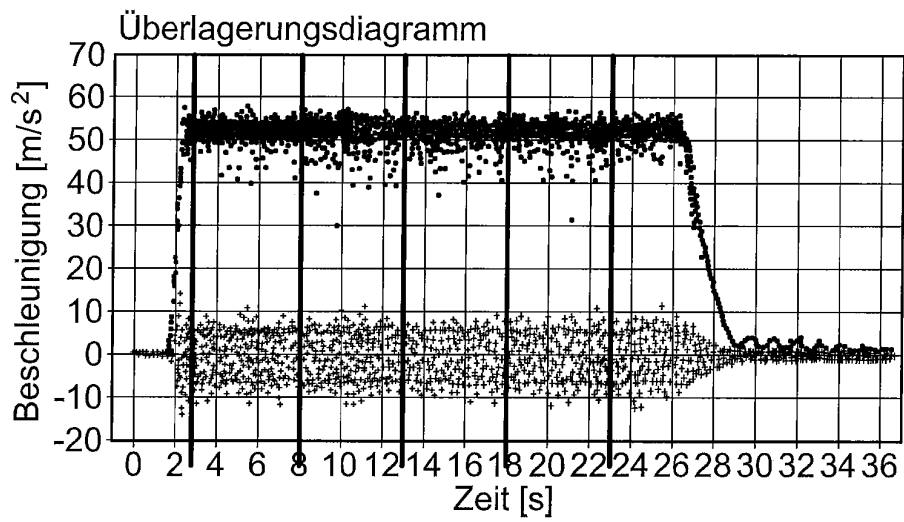


Fig. 13b

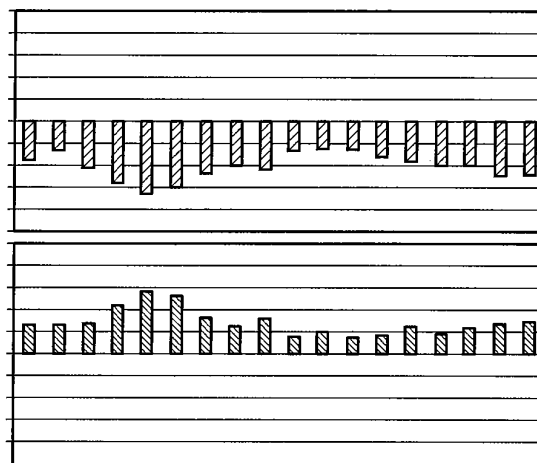


Fig. 14

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

- CH 543896 [0005]
- DE 10123716 A1 [0006]
- JP S4330602 Y [0007]