(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 518043 A1 2017-06-15**

(12) Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50996/2015
(22) Anmeldetag: 24.11.2015
(43) Veröffentlicht am: 15.06.2017

(51) Int. Cl.: ***G01N 29/04*** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 0168483 A2
DE 102008043886 A1
DE 4333459 A1

(71) Patentanmelder:
Primetals Technologies Austria GmbH
4031 Linz (AT)

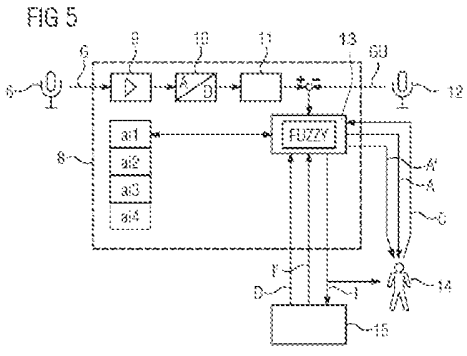
(72) Erfinder:
Fischer Paul Dipl.Ing.
4040 Linz (AT)
Hartl Franz Ing.
4020 Linz (AT)
Kuehas Thomas Dipl.Ing. MSc
4225 Lufenberg (AT)
Mayrhofer Anna
4722 Bruck-Waasen (AT)
Rohrhofer Andreas Dipl.Ing.
4020 Linz (AT)

(74) Vertreter:
Mikota Josef Dr.
4031 Linz (AT)

(54) Ermittlung von Materialeigenschaften durch Geräuschauswertung

(57) Ein stückiges Material (1) wird mittels einer Fördereinrichtung (2) derart gefördert, dass es eine Kontaktfläche (7a, 7b) der Fördereinrichtung (2) kontaktiert und relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) bewegt wird. Mittels mindestens eines Schallsensors (6) wird ein durch den Kontakt des stückigen Materials (1) mit der Kontaktfläche (7a, 7b) und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) hervorgerufenes Geräusch (G) erfasst. Das erfasste Geräusch (G) wird einer Auswertungseinrichtung (8) zugeführt. Die Auswertungseinrichtung (8) ermittelt durch Auswerten des während eines Zeitintervalls (T) erfassten Geräuschs (G) automatisch mindestens eine Materialeigenschaft des stückigen Materials (1).

FIG 5



AT 518043 A1 2017-06-15

Zusammenfassung

Ermittlung von Materialeigenschaften durch Geräuschauswertung

Ein stückiges Material (1) wird mittels einer Fördereinrichtung (2) derart gefördert, dass es eine Kontaktfläche (7a, 7b) der Fördereinrichtung (2) kontaktiert und relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) bewegt wird. Mittels mindestens eines Schallsensors (6) wird ein durch den Kontakt des stückigen Materials (1) mit der Kontaktfläche (7a, 7b) und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) hervorgerufenes Geräusch (G) erfasst. Das erfasste Geräusch (G) wird einer Auswertungseinrichtung (8) zugeführt. Die Auswertungseinrichtung (8) ermittelt durch Auswerten des während eines Zeitintervalls (T) erfassten Geräuschs (G) automatisch mindestens eine Materialeigenschaft des stückigen Materials (1).

FIG 5

Beschreibung

Ermittlung von Materialeigenschaften durch Geräuschauswertung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung mindestens einer Materialeigenschaft eines stückigen Materials.

Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin eine Auswertungseinrichtung zur Bestimmung mindestens einer Materialeigenschaft eines stückigen Materials.

In Produktionsanlagen wie beispielsweise einem Stahlwerk oder einem Hochofen werden oftmals verschiedene Materialien (Rohmaterialien, Zusatzstoffe, ...) für die Produktion benötigt. Diese Materialien werden oftmals in stückiger Form angeliefert. Die Form kann je nach Bedarf verschieden sein. Beispielsweise kann Kalk in Form von kleinen oder größeren Stücken bzw. Brocken angeliefert werden, Aluminium in Form von Spänen, Koks in größeren Brocken usw.. Auch andere Formen sind – je nach Material und Anwendung – möglich und denkbar.

Die angelieferten Materialien werden in der jeweiligen Produktionsanlage sortenrein zu entsprechenden Vorratsbunkern transportiert. Beispielsweise wird das jeweilige Material von einem Lastkraftwagen in einen Trichter entleert, von dem aus es über Fördereinrichtungen wie beispielsweise Förderbänder und dergleichen zu den Vorratsbunkern transportiert wird. Wird später in einem Produktionsschritt das entsprechende Material benötigt, wird es aus dem Bunker entnommen.

Bei der Qualität der angelieferten Materialien müssen strenge Richtlinien eingehalten werden. Beispielsweise dürfen Materialien unterhalb einer spezifizierten Korngröße nicht in einen Konverter gelangen, da sie in diesem Fall aufgrund ihrer Feinkörnigkeit und der zu geringen Masse von der Konverterabsaugung abgesaugt würden. Wäre dies der Fall, so würde eine andere als die gewünschte Stahlqualität produziert werden und würden weiterhin die Absaugung und eine nachfolgende Reini-

gungseinrichtung wie beispielsweise ein Elektrofilter übermäßig belastet werden. Weiterhin müsste der anfallende Staub wiederum entsorgt werden, was ebenfalls mit Kosten verbunden ist.

Im Stand der Technik wird die Anlieferung von Materialien und deren Förderung zu den Vorratsbunkern vom Bedienpersonal der Produktionsanlage direkt oder indirekt über Kameras überwacht. Diese Vorgehensweise ist zum einen personalintensiv und darüber hinaus aufgrund der oftmals hohen Transportgeschwindigkeit des jeweiligen Materials nicht genau genug.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Stichproben des Materials zu entnehmen und die Stichproben zu analysieren. Bei dieser Vorgehensweise werden nur Stichproben geprüft. Weiterhin ist die Analyse oftmals mit erheblichen Verzögerungen verbunden. Wenn beispielsweise im Rahmen der Analyse festgestellt wird, dass es sich um das falsche Material oder um ein Material handelt, das der Spezifikation nicht genügt, ist dieses Material schon lange in dem entsprechenden Vorratsbunker eingelagert worden. Der Fehler kann daher nicht mehr oder nur noch mit erheblichem Aufwand korrigiert werden.

Eine weitere Möglichkeit ist die akustische Auswertung. In diesem Fall kann das Bedienpersonal, sofern es über die nötige Erfahrung verfügt, falsches Material beim Transport zum Vorratsbunker am während des Transports auftretenden Klang erkennen. Beispielsweise unterscheiden sich Kalkgestein in körniger Form und Aluminiumspäne deutlich in Lautstärke und Frequenzbereich des beim Transport hervorgerufenen Geräuschs. Dies gilt insbesondere an Übergabestellen, an denen das Material von einem Förderelement an ein anderes Förderelement
übergeben wird. Beispielsweise verursacht der Aufprall des Materials auf ein Förderelement oder auf ein Umlenkblech je nach Material ein anderes Geräusch.

Wenn im Falle der akustischen Auswertung durch das Bedienpersonal eine falsche Materialbefüllung erkannt wird, so wird die weitere Befüllung des Vorratsbunkers abgebrochen. Es kann jedoch gewisse

Zeit dauern, bis das falsche Material erkannt wird und darauf reagiert werden kann.

Obwohl die akustische Erkennung vom Ansatz her großes Potenzial bietet, wird sie in der Praxis kaum eingesetzt. Zum einen steht entsprechend erfahrenes Bedienpersonal nur in den seltensten Fällen zur Verfügung. Weiterhin muss sich zur Realisierung dieser Vorgehensweise stets eine Bedienperson in die Nähe der jeweiligen Transportstrecke begeben. An diesem Ort herrschen sowohl eine starke Staubbelastung als auch eine starke Lärmbelastung.

Ein weiterer Nachteil ist der Gewöhnungsfaktor des menschlichen Gehörs. Wenn das geförderte Material sich langsam und kontinuierlich verändert, so werden die Unterschiede vom menschlichen Ohr kaum wahrgenommen. Der allmähliche Übergang von einem Material guter Qualität zu einem Material schlechter Qualität – im Gegensatz zu einem abrupten Übergang – wird daher oftmals fälschlicherweise nicht erkannt.

Eine weitere mögliche Fehlerquelle ist die Subjektivität der Einschätzung des Materials durch das Bedienpersonal.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Möglichkeiten zu schaffen, mittels derer bei Produktionsanlagen auf einfache Weise eine Erkennung und Ermittlung mindestens einer Materialeigenschaft eines Materials möglich ist.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 24.

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Bestimmung mindestens einer Materialeigenschaft eines stückigen Materials geschaffen,

- wobei das stückige Material mittels einer Fördereinrichtung derart gefördert wird, dass es eine Kontaktfläche der Fördereinrichtung kontaktiert und relativ zu der Kontaktfläche bewegt wird,

- wobei mittels mindestens eines Schallsensors ein durch den Kontakt des stückigen Materials mit der Kontaktfläche und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche hervorgerufenes Geräusch erfasst wird,
- wobei das erfasste Geräusch einer Auswertungseinrichtung zugeführt wird,
- wobei die Auswertungseinrichtung durch Auswerten des während eines Zeitintervalls erfassten Geräuschs automatisch die Materialeigenschaft ermittelt.

Der Schallsensor kann nach Bedarf ausgebildet sein. Beispielsweise kann es sich bei dem Schallsensor um ein Mikrofon, ein Hydrophon oder einen Sensor zur Detektion von Körperschall handeln. Die Materialeigenschaft kann alternativ die Art des Materials (also um welches Material es sich handelt) und die Struktur des Materials (also in welcher Form das jeweilige Material vorliegt) sein. Die Kontaktfläche kann eine Fläche sein, die bei der Fördereinrichtung sowieso vorhanden ist. Alternativ kann die Kontaktfläche extra zur Geräuscherzeugung in die Fördereinrichtung integriert worden sein. Im letztgenannten Fall muss - selbstverständlich - sichergestellt sein, dass sie den Transport des stückigen Materials nicht behindert. Auch das Material kann nach Bedarf bestimmt sein. Dies gilt sowohl für die Art des Materials als auch dessen Struktur. Insbesondere kann das Material beispielsweise in Form von größeren oder kleineren Brocken, in Form von größeren oder kleineren Körnern (also kies- oder sandartig), in Form von Spänen oder eventuell sogar in Form eines Pulvers vorliegen.

In vielen Fällen wird das stückige Material an einer Übergabestelle von einem ersten Förderelement der Fördereinrichtung an ein zweites Förderelement der Fördereinrichtung übergeben. In diesem Fall kann die Kontaktfläche insbesondere im Bereich der Übergabestelle angeordnet sein. Beispielsweise kann es sich um ein Führungsblech oder einen Trichter handeln. Auch kann es sich um ein speziell zur Geräuscherzeugung im Bereich der Übergabestelle angeordnetes Prallblech handeln. Es sind aber auch andere Ausgestaltungen möglich.

In vielen Fällen ist das erste Förderelement ortsfest angeordnet, so dass das stückige Material dem ersten Förderelement an einer vordefinierten Zuführstelle zugeführt wird und die Übergabestelle, an der das stückige Material an das zweite Förderelement übergeben wird, ebenfalls ortsfest ist. Dadurch ist es möglich, mittels eines einzigen Schallsensors, der im Bereich der Übergabestelle angeordnet ist, alle Materialien zu erfassen und zu überprüfen. Dies gilt sowohl dann, wenn auch das zweite Förderelement ortsfest angeordnet ist, so dass das stückige Material von dem zweiten Förderelement an einer vordefinierten Abgabestelle abgegeben wird, als auch in dem Fall, dass das zweite Förderelement beweglich ist, so dass das stückige Material von dem zweiten Förderelement je nach dessen Positionierung einem von mehreren Vorratsbereichen zugeführt wird.

Die Bewegung des Materials relativ zur Kontaktfläche kann – je nach Material und übrigen Umständen – ein orthogonales oder schräges Aufprallen auf die Kontaktfläche oder ein Entlanggleiten entlang der Kontaktfläche sein.

Vorzugsweise weist der Schallsensor eine Richtcharakteristik auf. Dadurch kann erreicht werden, dass der Schallsensor im wesentlichen nur Geräusche erfasst, die aus demjenigen Bereich stammen, an dem sich das stückige Material auf der Kontaktfläche bewegt.

Vorzugsweise wird das während des Zeitintervalls erfasste Geräusch im Rahmen der Auswertung von der Auswertungseinrichtung zunächst gefiltert und sodann weiter verarbeitet. Die Filterung kann beispielsweise eine Filterung mit einem Hochpass, einem Tiefpass oder einem Bandpass sein. Alternativ oder zusätzlich kann eine Amplitudenbegrenzung des erfassten Geräuschs erfolgen.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung wird von der Auswertungseinrichtung von dem während des Zeitintervalls erfassten Geräusch ein Umgebungsgeräusch subtrahiert. Dadurch

kann die Auswertungsgenauigkeit erhöht werden. Es ist möglich, dass das Umgebungsgeräusch in Echtzeit mittels eines weiteren Schallsensors erfasst wird. Alternativ kann es sich um ein gespeichertes Umgebungsgeräusch handeln, das zuvor mittels des Schallsensors oder des weiteren Schallsensors erfasst wurde. Falls das Umgebungsgeräusch zuvor mittels des Schallsensors erfasst wird, mittels dessen auch das auszuwertende Geräusch erfasst wird, wird das Umgebungsgeräusch während eines Zeitraums erfasst, während dessen kein stückiges Material im Erfassungsbereich des Schallsensors bewegt wird.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass von der Auswertungseinrichtung zum Ermitteln der Materialeigenschaft

- eine resultierende Funktion als Linearkombination vorgegebener Ausgangsfunktionen ermittelt wird, wobei die Ausgangsfunktionen mit einem jeweiligen Wichtungsfaktor gewichtet in die resultierende Funktion eingehen,
- die Wichtungsfaktoren derart ermittelt werden, dass eine Norm der Abweichung der resultierenden Funktion von einem Spektrum des während des Zeitintervalls erfassten Geräuschs als Integral über die Frequenz minimal ist,
- für die jeweilige Materialeigenschaft ein jeweiliger Satz von Referenzwichtungsfaktoren gegeben ist, durch die eine jeweilige Referenzfunktion bestimmt ist, und
- die Materialeigenschaft anhand eines Vergleichs der resultierenden Funktion mit den Referenzfunktionen oder anhand eines Vergleichs der ermittelten Wichtungsfaktoren mit den Referenzwichtungsfaktoren der jeweiligen Referenzfunktion bestimmt wird.

Diese Vorgehensweise kann insbesondere dann sinnvoll sein, wenn die Materialeigenschaft eine Materialart ist, also charakterisiert, um welches Material es sich handelt (beispielsweise Koks, Roheisen, Schrott, Kalk, Aluminium usw.).

Das Spektrum kann beispielsweise ein Leistungsspektrum des Geräuschs sein. Mit dem Begriff „Norm“ ist eine Norm im ma-

thematischen Sinn gemeint, also ein Wert, der vom Betrag der Differenz der Abweichung der resultierenden Funktion von dem genannten Spektrum abhängig ist. Allgemein wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung also der Wert

$$\int \|g(f) - S(f)\| df \qquad (1)$$

minimiert, wobei g die resultierende Funktion, S das Spektrum und f die Frequenz sind.

Bei der Norm kann es sich beispielsweise um die allgemein bekannte euklidische Norm handeln.

Es ist, wie bereits erwähnt, möglich, die Materialeigenschaft anhand eines Vergleichs der ermittelten Wichtungsfaktoren mit den Referenzwichtungsfaktoren der jeweiligen Referenzfunktion zu bestimmen. Wenn jedoch alternativ die Materialeigenschaft anhand eines Vergleichs der resultierenden Funktion mit den Referenzfunktionen bestimmt wird, ist es insbesondere möglich, dass von der Auswertungseinrichtung zum Ermitteln der Materialeigenschaft an einer Anzahl von Stützstellen die Norm der Abweichung der resultierenden Funktion von der jeweiligen Referenzfunktion ermittelt wird und dass die Anzahl an Stützstellen kleiner als die Anzahl an Ausgangsfunktionen ist, die in die Linearkombination eingehen. Diese Vorgehensweise führt oftmals zu guten Ergebnissen bei sehr geringem Rechenaufwand.

Die Ausgangsfunktionen können nach Bedarf bestimmt sein. Beispielsweise kann es sich um Polynomfunktionen handeln.

Weiterhin ist es möglich, dass die Ausgangsfunktionen orthogonale Funktionen sind. Insbesondere bietet die Verwendung orthogonaler Funktionen als Ausgangsfunktionen den Vorteil, dass es möglich ist, die Wichtungsfaktoren für die einzelnen Ausgangsfunktionen unabhängig voneinander zu ermitteln.

Insbesondere die Kombination dieser beiden Funktionsarten, also die Verwendung orthogonaler Polynome, bietet den Vorteil, zunächst nur die Wichtungsfaktoren für Polynome relativ niedrigen Grades zu ermitteln und sodann je nach Bedarf nach und nach die Wichtungsfaktoren für Polynome höheren Grades zu ermitteln, ohne die bereits ermittelten Wichtungsfaktoren neu ermitteln zu müssen. Dadurch kann das Spektrum durch die resultierende Funktion mit geringem Rechenaufwand nach und nach immer besser angenähert werden, bis die resultierende Funktion das Spektrum hinreichend gut annähert.

Orthogonale Funktionen sind Fachleuten allgemein bekannt. Rein beispielhaft seien die allgemein bekannten Tschebyscheff-Polynome und die ebenfalls allgemein Legendre-Polynome genannt. Soweit erforderlich, kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Frequenzbereich, innerhalb dessen das Integral gebildet wird, auf den Bereich von -1 bis +1 abgebildet werden, insbesondere linear abgebildet werden.

Soweit bisher erläutert, wird das Verfahren von der Auswertungseinrichtung in einem Arbeitsmodus ausgeführt. Es ist möglich, dass dies der einzige von der Auswertungseinrichtung angenommene Betriebsmodus ist. Alternativ ist es möglich, dass die Auswertungseinrichtung zusätzlich in einem Lernmodus arbeiten kann. Auch im Lernmodus wird das stückige Material derart gefördert, dass es die Kontaktfläche kontaktiert und relativ zu der Kontaktfläche bewegt wird. Im Unterschied zum Arbeitsmodus wird im Lernmodus jedoch die Materialeigenschaft der Auswertungseinrichtung vorgegeben. Weiterhin wird bzw. werden von der Auswertungseinrichtung im Lernmodus mehrfach

- mittels des mindestens einen Schallsensors während eines jeweiligen Zeitintervalls das durch den Kontakt des stückigen Materials mit der Kontaktfläche und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche hervorgerufene Geräusch erfasst,
- für das jeweilige Zeitintervall eine jeweilige resultierende Funktion als Linearkombination der vorgegebenen Ausgangsfunktionen ermittelt, wobei die Ausgangsfunktionen mit einem

jeweiligen Wichtungsfaktor gewichtet in die resultierende Funktion eingehen, und

- für das jeweilige Zeitintervall die Wichtungsfaktoren derart ermittelt, dass eine Norm der Abweichung der jeweiligen resultierenden Funktion von einem Spektrum des während des jeweiligen Zeitintervalls erfassten Geräuschs minimal ist.

Sodann werden von der Auswertungseinrichtung im Lernmodus anhand der Gesamtheit der für die Zeitintervalle jeweils ermittelten Wichtungsfaktoren die Referenzwichtungsfaktoren ermittelt und der vorgegebenen Materialeigenschaft zugeordnet. Im Lernmodus ist die Auswertungseinrichtung also in der Lage, analog zur späteren Erkennung einer Materialeigenschaft ähnlich einem Teach-in das charakteristische Geräusch einer neuen Materialeigenschaft zu lernen.

Im Lernmodus kann zugleich auch ein zulässiger Toleranzbereich ermittelt werden, innerhalb dessen später im Arbeitsmodus trotz Abweichungen der Wichtungsfaktoren von den Referenzwichtungsfaktoren bzw. der resultierenden Funktion von der korrespondierenden Referenzfunktion ein Material erkannt wird. Der Toleranzbereich kann beispielsweise anhand von im Lernmodus ermittelten Varianzen ermittelt werden. Die Varianzen können beispielsweise auf jeweils einen der Referenzwichtungsfaktoren oder auf eine Stützstelle bezogen sein.

Das Zeitintervall, während dessen das Geräusch erfasst wird, kann insbesondere im ein- oder zweistelligen Sekundenbereich liegen. In Versuchen haben sich Zeiträume von ca. 1 Sekunde bis ca. 30 Sekunden als vorteilhaft erwiesen.

Es ist möglich, dass das Zeitintervall vorbestimmt ist. Alternativ ist es möglich, dass von der Auswertungseinrichtung ab dem Beginn des Zeitintervalls eine Schallenergie des erfassten Geräuschs ermittelt wird und das Zeitintervall von der Auswertungseinrichtung terminiert wird, wenn die akkumulierte Schallenergie einen Energiegrenzwert erreicht. Die letztge-

nannte Vorgehensweise führt insbesondere zu einer erhöhten Zuverlässigkeit bei der Erkennung einer Materialeigenschaft.

Im Rahmen einer alternativen bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Auswertungseinrichtung

- das Zeitintervall in eine Mehrzahl von Teilintervallen unterteilt,
- für die Teilintervalle jeweils einen Anteil ermittelt, zu dem die Leistung eines Leistungsspektrums des während des jeweiligen Teilintervalls erfassten Geräuschs zwischen einer unteren Grenzfrequenz und einer oberhalb der unteren Grenzfrequenz liegenden oberen Grenzfrequenz liegt, und
- die Materialeigenschaft anhand des Anteils an Teilintervallen ermittelt, bei denen der Anteil der Leistung oberhalb eines vorbestimmten Schwellenwertes liegt.

Diese Vorgehensweise kann insbesondere dann sinnvoll sein, wenn die Materialeigenschaft eine Struktur ist, also charakterisiert, ob das jeweilige Material grobkörnig, feinkörnig, als Pulver, in Spänen und dergleichen vorliegt. Die Erkennung einer Materialstruktur setzt üblicherweise voraus, dass die Materialart bereits bekannt ist. Beispielsweise können die obere und/oder die untere Grenzfrequenz und/oder der Schwellenwert in Abhängigkeit von der Materialart bestimmt sein. In manchen Fällen ist die Erkennung einer Materialstruktur jedoch auch möglich, wenn die Materialart nicht bekannt ist.

Insbesondere kann anhand des Anteils an Teilintervallen, bei denen der Anteil der Leistung oberhalb des Schwellenwertes liegt, beispielsweise ein bestimmter Grad an Körnigkeit ermittelt werden. Daraus kann beispielsweise abgeleitet werden, dass es sich um einen „gutes" Material handelt, wenn die Anzahl oberhalb des Schwellenwertes liegt, oder dass es sich um ein „schlechtes" Material handelt, wenn die Anzahl unterhalb des Schwellenwertes liegt. Es ist auch ein Vergleich mit mehreren Schwellenwerten möglich. Beispielsweise kann ein Material als gut beurteilt werden, wenn die Anzahl oberhalb eines ersten Schwellenwertes liegt, und als schlecht, wenn die Anzahl unterhalb eines zweiten

Schwellenwertes liegt. Wenn die Anzahl zwischen den beiden Schwellenwerten liegt, kann eine Warnmeldung an das Bedienpersonal ausgegeben werden, dass eine genauere Prüfung erforderlich ist.

In Versuchen hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dass die untere Grenzfrequenz zwischen 200 Hz und 1000 Hz liegt, beispielsweise bei ca. 500 Hz. Ebenso hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dass die obere Grenzfrequenz zwischen 500 Hz und 2000 Hz liegt, beispielsweise bei ca. 1000 Hz. Unabhängig von der konkreten Wahl der beiden Grenzfrequenzen gilt jedoch stets die übergeordnete Bedingung, dass die untere Grenzfrequenz kleiner als die obere Grenzfrequenz ist.

In Versuchen hat sich weiterhin als vorteilhaft erwiesen, wenn die Teilintervalle eine Zeitdauer aufweisen, die maximal bei 1 Sekunde liegt. In vielen Fällen ist es sogar von Vorteil, wenn die Zeitdauer der Teilintervalle bei maximal 100 ms liegt, insbesondere zwischen 20 ms und 80 ms, beispielsweise bei ca. 50 ms. Das Zeitintervall sollte vorzugsweise mit 20 bis 100 Teilintervallen korrespondieren.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Auswertungseinrichtung die Materialeigenschaft anhand des Anteils an Teilintervallen, bei denen der Anteil der Leistung oberhalb des vorbestimmten Schwellenwertes liegt, mittels einer Fuzzylogik ermittelt.

Vorzugsweise ist es zumindest optional möglich, dass der Auswertungseinrichtung von einer Bedienperson ein Auslösesignal vorgegeben wird und dass das Vorgeben des Auslösesignals den Beginn eines Zeitintervalls bestimmt. Dadurch ist es für das Bedienpersonal möglich, gezielt eine Überprüfung der Materialeigenschaft anzufordern, wenn es erforderlich ist. Beispielsweise kann eine Bedienperson aufgrund eines „irgendwie" veränderten Klanges stutzig geworden sein und möchte nun überprüfen lassen, ob geförderte Material noch ordnungsgemäß ist.

Es ist möglich, dass die Auswertungseinrichtung autark arbeitet, also ohne weitergehende Vorgabe von Daten. Vorzugsweise werden der Auswertungseinrichtung jedoch auf das stückige Material bezogene Daten vorgegeben. In diesem Fall ist es möglich, dass die Auswertungseinrichtung die Daten im Rahmen der Auswertung des erfassten Geräuschs berücksichtigt.

Beispielsweise können eine Bedienperson oder das Automatisierungssystem der Auswertungseinrichtung eine Information über die Fördergeschwindigkeit vorgegeben, mit der das stückige Material transportiert wird. In diesem Fall ist es beispielsweise möglich, dass die Auswertungseinrichtung basierend auf der Fördergeschwindigkeit die Auswertung als solche anpasst. Beispielsweise können für die Bestimmung der Materialart die Referenzwichtungsfaktoren angepasst werden. Auch ist es möglich, für die Bestimmung der Materialstruktur die untere und/oder die obere Grenzfrequenz anzupassen oder den Schwellenwert zu variieren. Auch ist es möglich, dass der Auswertungseinrichtung Informationen über den Beginn und das Ende des Transports des stückigen Materials vorgegeben werden. In diesem Fall kann die Auswertungseinrichtung beispielsweise den Betrieb in Abhängigkeit von diesen Informationen beginnen und beenden. Auch ist eine Plausibilitätsprüfung möglich, wenn die Auswertungseinrichtung keinerlei Geräusch erfasst, das durch den Kontakt des stückigen Materials mit der Kontaktfläche und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche hervorgerufen wird. Weiterhin ist es möglich, dass der Auswertungseinrichtung vorgegeben wird, welches Material gefördert wird. In diesem Fall kann die Auswertungseinrichtung eine Plausibilitätsprüfung durchführen, ob die Materialeigenschaft des erkannten Materials mit einer erwarteten Materialeigenschaft korrespondiert. Auch ist es möglich, dass die Auswertungseinrichtung die Reihenfolge, in der gewisse Prüfungen vorgenommen werden – beispielsweise die Vergleiche der resultierenden Funktion mit den Referenzfunktionen – auf Basis der Daten anpasst.

Vorzugsweise gibt die Auswertungseinrichtung eine die ermittelte Materialeigenschaft repräsentierende Information aus und/oder speichert diese Information im Sinne einer Historie ab. Insbesondere im Falle der Speicherung als Historie ist die erkannte Materialeigenschaft auch nachträglich noch abrufbar, beispielsweise als Garantiebeleg, als Nachweis für ein ordnungsgemäßes oder fehlerhaftes Material oder für eine spätere Suche von Fehlern.

Vorzugsweise vergleicht die Auswertungseinrichtung die ermittelte Materialeigenschaft mit einer erwarteten Materialeigenschaft. Im Falle einer Abweichung der ermittelten Materialeigenschaft von der erwarteten Materialeigenschaft gibt die Auswertungseinrichtung eine Alarmmeldung aus. Die Alarmmeldung ist, falls sie zusätzlich zu der Meldung über die erkannte Materialeigenschaft ausgegeben wird, eine andere Meldung als die Standard-Meldung über die erkannte Materialeigenschaft als solche. Die erwartete Materialeigenschaft kann der Auswertungseinrichtung beispielsweise, wie bereits erwähnt, durch eine Vorgabe von der Automatisierungseinrichtung bekannt sein. Alternativ kann die Materialeigenschaft voreingestellt sein oder der Auswertungseinrichtung von einer Bedienperson vorgegeben werden. Die Ausgabe der Alarmmeldung kann an die Bedienperson und/oder an die Automatisierungseinrichtung der Fördereinrichtung erfolgen. Im letztgenannten Fall kann die Alarmmeldung einen automatischen Stopp des weiteren Transports des stückigen Materials bewirken.

Vorzugsweise wird mittels mehrerer Schallsensoren an verschiedenen Orten jeweils ein Geräusch erfasst. In diesem Fall werden die erfassten Geräusche – also die von den mehreren Schallsensoren erfassten Geräusche – der Auswertungseinrichtung zugeführt. Dadurch ist die Auswertungseinrichtung in der Lage, anhand der erfassten Geräusche zu ermitteln, an welchem Ort durch den dort angeordneten Schallsensor das durch den Kontakt des stückigen Materials mit der Kontaktfläche und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche hervorgerufene Geräusch erfasst wird. Insbesondere kann die Auswertungseinrichtung dadurch

überprüfen, ob dieser Ort mit einem erwarteten Ort übereinstimmt. Im Falle der Nichtübereinstimmung kann die Auswertungseinrichtung eine Alarmmeldung ausgeben. Die Ausgabe der Alarmmeldung kann - wie zuvor - an die Bedienperson und/oder an die Automatisierungseinrichtung der Fördereinrichtung erfolgen. Im letztgenannten Fall kann die Alarmmeldung einen automatischen Stopp des weiteren Transports des stückigen Materials bewirken. Die Orte können entlang des Transportweges des Materials hintereinander angeordnet sein. In diesem Fall ist es beispielsweise möglich, automatisch eine Verstopfung eines Transportweges zu erkennen. Alternativ oder zusätzlich können die Orte einander parallel geordnet sein, so dass also nur an einem einzigen der Orte das durch den Kontakt des stückigen Materials mit der Kontaktfläche und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche hervorgerufene Geräusch erfasst werden kann. In diesem Fall kann insbesondere überprüft werden, ob das stückige Material dem richtigen Vorratsbunker oder sonstigen Depot zugeführt wird bzw. allgemein gesprochen sich auf dem richtigen Transportweg befindet.

Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Auswertungseinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 25 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Auswertungseinrichtung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 26 und 27.

Erfindungsgemäß wird eine Auswertungseinrichtung zur Bestimmung mindestens einer Materialeigenschaft eines stückigen Materials geschaffen,

- wobei das stückige Material mittels einer Fördereinrichtung derart gefördert wird, dass es eine Kontaktfläche der Fördereinrichtung kontaktiert und relativ zu der Kontaktfläche bewegt wird,
- wobei ein mittels mindestens eines Schallsensors durch den Kontakt des stückigen Materials mit der Kontaktfläche und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche hervorgerufenes Geräusch der Auswertungseinrichtung zugeführt wird,

- wobei die Auswertungseinrichtung durch Auswerten des während eines Zeitintervalls erfassten Geräuschs automatisch die Materialeigenschaft ermittelt.

Die vorteilhaften Ausgestaltungen der Auswertungseinrichtung korrespondieren mit denen des Verfahrens. Es wird daher auf die obigen Ausführungen verwiesen.

Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Hierbei zeigen in schematischer Darstellung:

FIG 1	eine Fördereinrichtung und Teile einer Produktionsanlage,
FIG 2 bis 4	mögliche Ausgestaltungen eines Kontaktbereichs,
FIG 5	eine Auswertungseinrichtung,
FIG 6	einen zeitlichen Verlauf eines Geräuschs und ein zugehöriges Spektrum,
FIG 7	ein Ablaufdiagramm,
FIG 8 bis 10	Verläufe möglicher Referenzfunktionen,
FIG 11	eine mögliche Referenzfunktion mit einem Fehlerband,
FIG 12	eine mögliche Referenzfunktion mit einem Fehlerband an Stützstellen,
FIG 13 und 14	Ablaufdiagramme,
FIG 15	einen zeitlichen Verlauf eines Geräuschs und einen zugehörigen Verlauf von Leistungsanteilen,
FIG 16	ein Ablaufdiagramm,
FIG 17	ein Leistungsspektrum,
FIG 18	eine Modifikation der Fördereinrichtung von FIG 1,
FIG 19	einen Schallsensor und
FIG 20	eine Richtcharakteristik.

Gemäß FIG 1 wird ein stückiges Material 1 mittels einer Fördereinrichtung 2 gefördert. Die Fördereinrichtung 2 kann zum Fördern des stückigen Materials 1 beispielsweise eine Anzahl von Förderelementen 3a bis 3c umfassen, insbesondere Förderbänder. Die Fördereinrichtung 2 kann beispielsweise entsprechend der Darstellung in FIG 1 ein vorderes Förderelement 3a, ein mittleres Förderelement 3b und ein hinteres Förderelement 3c umfassen. Beispielsweise ist es entsprechend der Darstellung in FIG 1 möglich, dass stückiges Material 1 beim Anliefern zunächst auf das vordere Förderelement 3a aufgebracht wird. Beispielsweise kann das stückige Material 1 mittels eines Lastkraftwagens 4 direkt oder über einen nicht dargestellten Schütttrichter auf das vordere Förderelement 3a aufgebracht werden. Das stückige Material 1 kann mittels des vorderen Förderelements 3a zu einer vorderen Übergabestelle 4a gefördert und dort auf das mittlere Förderelement 3b aufgebracht werden. In analoger Weise kann das stückige Material 1 mittels des mittleren Förderelements 3b zu einer mittleren Übergabestelle 4b gefördert und dort auf das hintere Förderelement 3c aufgebracht werden. Mittels des hinteren Förderelements 3c wird das stückige Material 1 dann zu einer von mehreren hinteren Übergabestellen 4c gefördert und von dort einem jeweiligen Vorratsbereich 5a bis 5d zugeführt. Der Transport des stückigen Materials 1 von den dritten Übergangsstellen 4c kann beispielsweise über Rutschen 5' erfolgen.

Das stückige Material 1 weist Materialeigenschaften auf. Eine Materialeigenschaft ist beispielsweise die Art des jeweiligen Materials 1, also ob es sich beispielsweise um Koks, Eisenerz, Kalk, Aluminium oder ein anderes Material handelt. Eine weitere Materialeigenschaft ist beispielsweise die Struktur des jeweiligen Materials 1, also ob es sich beispielsweise um Brocken handelt, um feinkörniges Material, um Späne und dergleichen mehr. Derartige Materialeigenschaften sollen automatisiert ermittelt werden können.

Zur Bestimmung mindestens einer Materialeigenschaft des stückigen Materials 1 wird mittels mindestens eines Schallsensors 6 ein Geräusch G erfasst. Der Schallsensor 6 ist in einem Bereich

angeordnet und – soweit erforderlich – derart ausgerichtet, dass dasjenige Geräusch G erfasst wird, welches durch den Kontakt des stückigen Materials 1 mit einer Kontaktfläche 7a, 7b und der Bewegung des stückigen Materials 1 relativ zu der Kontaktfläche 7a, 7b (siehe im Detail FIG 2 bis 4) hervorgerufen wird. Insbesondere wird das stückige Material 1 mittels der Fördereinrichtung 2 bzw. den Förderelementen 3a bis 3c derart gefördert, dass es die genannte Kontaktfläche 7a, 7b kontaktiert und relativ zu der Kontaktfläche 7a, 7b bewegt wird.

Beispielsweise kann entsprechend der Darstellung in den FIG 2 und 3 als Kontaktfläche 7a, 7b eine Prallfläche 7a vorgesehen sein. In diesem Fall wird das stückige Material 1 mittels eines der Förderelemente 3a bis 3c – dargestellt ist in den FIG 2 und 3 rein beispielhaft das vordere Förderelement 3a – derart gefördert werden, dass es auf die Prallfläche 7a auftrifft. Der Aufprall kann entsprechend der Darstellung in FIG 2 im Wesentlichen orthogonal zur Prallfläche 7a oder entsprechend der Darstellung in FIG 3 unter einem von 90° verschiedenen Winkel relativ zur Prallfläche 7a (also schräg zur Prallfläche 7a) erfolgen. Alternativ ist es entsprechend der Darstellung in FIG 4 beispielsweise möglich, dass die Kontaktfläche 7a, 7b als Gleitfläche 7b ausgebildet ist, welche das stückige Material 1 entlang rutscht bzw. gleitet. In jedem dieser Fälle ist es möglich, das jeweils entstehende Geräusch G mittels des Schallsensors 6 zu erfassen.

Der Ort, an dem mittels des Schallsensor 6 das Geräusch G erfasst wird, kann nach Bedarf bestimmt sein. Entsprechend den obenstehenden Ausführungen ist es insbesondere möglich, dass die Kontaktfläche 7a, 7b im Bereich einer der Übergabestellen 4a bis 4c angeordnet ist und dass das Geräusch G an dieser Stelle erfasst wird. Weiterhin ist es insbesondere möglich, dass das im Transportweg vorgeordnete Förderelement 3a, 3b ortsfest angeordnet ist. Das vorgeordnete Förderelement 3a, 3b ist dasjenige Förderelement 3a, 3b, von dem das stückige Material 1 an der Übergabestelle 4a, 4b abgegeben wird. In diesem Fall wird das stückige Material 1 dem vorgeordneten Förderelement 3a, 3b

entsprechend der Darstellung in FIG 1 an einer vordefinierten Zuführstelle zugeführt. Weiterhin ist in diesem Fall entsprechend der Darstellung in FIG 1 auch die Übergabestelle 4a, 4b, an der das stückige Material 1 an das nachgeordnete Förderelement 3b, 3c übergeben wird, ortsfest. Das nachgeordnete Förderelement 3b, 3c ist dasjenige Förderelement 3b, 3c, von dem das stückige Material 1 an der Übergabestelle 4a, 4b übernommen wird.

Es ist möglich, dass das nachgeordnete Förderelement 3b, 3c ebenfalls ortsfest angeordnet ist. In diesem Fall wird das stückige Material 1 von dem nachgeordneten Förderelement 3b, 3c an einer vordefinierten Abgabestelle abgegeben. In der Darstellung von FIG 1 ist dies beispielsweise beim mittleren Förderelement 3b der Fall. Alternativ ist es möglich, dass das nachgeordnete Förderelement 3b, 3c beweglich ist, so dass das stückige Material 1 von dem nachgeordneten Förderelement 3b, 3c je nach dessen Positionierung einem von mehreren Vorratsbereichen 5a, bis 5d zugeführt wird. In der Darstellung von FIG 1 ist dies beispielsweise beim hinteren Förderelement 3c der Fall. Das hintere Förderelement 3c kann entsprechend der Darstellung in FIG 1 beispielsweise in Richtung des eingezeichneten Doppelpfeils verschiebbar sein. Weiterhin kann die Förderrichtung des hinteren Förderelements 3c nach Bedarf nach links oder nach rechts sein. Dadurch ist mittels des Förderelements 3c jeder der vier Vorratsbereiche 5a bis 5d bedienbar. Alternativ und eventuell sogar zusätzlich zu einer Verschiebbarkeit könnte das hintere Förderelement 3c auch verschwenkbar sein.

Das von dem Schallsensor 6 erfasste Geräusch G wird gemäß FIG 5 einer Auswertungseinrichtung 8 zugeführt. Die Auswertungseinrichtung 8 ermittelt durch Auswerten des erfassten Geräuschs G automatisch die gesuchte Materialeigenschaft. Zu diesem Zweck wird das erfasste und der Auswertungseinrichtung 8 zugeführte Geräusch G entsprechend der Darstellung in FIG 5 in der Regel zunächst in einem Verstärker 9 verstärkt, sodann in einem Analog-Digital-Wandler 10 digitalisiert sowie in einem Filter 11 gefiltert. Erst danach wird das Signal G weiterverarbeitet.

Weiterhin kann entsprechend der Darstellung in FIG 5 von der Auswertungseinrichtung 8 von dem erfassten Geräusch G ein Umgebungsgeräusch GU subtrahiert werden. Das Umgebungsgeräusch GU kann beispielsweise entsprechend der Darstellung in FIG 5 mittels eines weiteren Schallsensors 12 erfasst werden. Der Schallsensor 12 muss zu diesem Zweck selbstverständlich derart angeordnet sein, dass er das Geräusch G nicht oder nur zu einem sehr geringen Anteil erfasst.

Die Filterung in dem Filter 11 kann nach Bedarf eine Hochpassfilterung, eine Tiefpassfilterung, eine Bandpassfilterung oder eine andere Filterung sein, beispielsweise eine Amplitudenbegrenzung. Unter Umständen kann auch die Subtraktion des Umgebungsgeräuschs GU Bestandteil der Filterung sein. Alternativ kann es sich bei der Subtraktion des Umgebungsgeräuschs GU entsprechend der Darstellung in FIG 5 um einen eigenständigen Verarbeitungsschritt handeln.

Die bisher erläuterten Verarbeitungen des Geräuschs G sind Vorverarbeitungen, die der eigentlichen Auswertung des Geräuschs G vorgelagert sind. Zwingend ist keine dieser Maßnahmen erforderlich. Die Analog-Digital-Wandlung ist jedoch in aller Regel vorhanden. Die anderen Maßnahmen sind für die Auswertung des Geräuschs G förderlich. Weiterhin wird nachfolgend stets von der Auswertung des Geräuschs G gesprochen. Diese Auswertung basiert auf dem Geräusch, wie es einer Verarbeitungseinrichtung 13 der Auswertungseinrichtung 8 zugeführt wird. Also auch wenn nachstehend stets „nur" von dem Geräusch G gesprochen wird, handelt es sich gegebenenfalls um das gefilterte Geräusch, von dem gegebenenfalls auch bereits das Umgebungsgeräusch GU subtrahiert ist.

Nachfolgend werden - beginnend mit FIG 6 - in Verbindung mit den Figuren 6 bis 14 zunächst mögliche Vorgehensweisen erläutert, die von Vorteil sind, wenn die Materialeigenschaft eine Materialart ist. Prinzipiell sind die Vorgehensweisen gemäß den Figuren 6 bis 14 jedoch nicht auf die Ermittlung einer Materialart beschränkt. Sodann werden - beginnend mit FIG 15 - in Verbindung mit den

Figuren 15 bis 17 mögliche Vorgehensweisen erläutert, die von Vorteil sind, wenn die Materialeigenschaft eine Materialstruktur ist. Prinzipiell sind die Vorgehensweisen gemäß den Figuren 15 bis 17 jedoch nicht auf die Ermittlung einer Materialstruktur beschränkt.

Gemäß den FIG 6 und 7 wird – siehe in FIG 6 die obere Darstellung und den Schritt S1 in FIG 7 – aus dem erfassten Geräusch G zunächst ein Zeitintervall T herausgegriffen, also ein zeitlich begrenzter Bereich des als Funktion der Zeit t erfassten Geräuschs G. Die Länge des Zeitintervalls T kann im einstelligen Sekundenbereich liegen, beispielsweise zwischen 1 s und 5 s. Die Länge des Zeitintervalls T kann aber auch größer sein. Insbesondere kann die Länge des Zeitintervall T auch im zweistelligen Sekundenbereich liegen, beispielsweise zwischen 10 s und 30 s. Für den Bereich wird – siehe in FIG 6 die untere Darstellung – ein korrespondierendes Frequenzspektrum ermittelt. Es wird also das Spektrum S (selbstverständlich als Funktion der Frequenz f) ermittelt. Beispielsweise kann entsprechend dem Schritt S1 von FIG 7 zur Ermittlung des Spektrums S eine Fouriertransformation vorgenommen werden, insbesondere eine schnelle Fouriertransformation (FFT). Bei dem Spektrum S kann es sich insbesondere um ein Leistungsspektrum des erfassten Geräuschs G handeln.

Sodann wird von der Auswertungseinrichtung 8 in einem Schritt S2 eine resultierende Funktion g ermittelt. Die resultierende Funktion g ist eine Linearkombination vorgegebener Ausgangsfunktionen gi (i = 0, ..., N). Die Ausgangsfunktionen gi gehen gemäß FIG 7 mit einem jeweiligen Wichtungsfaktor ai in die resultierende Funktion g ein. Die Wichtungsfaktoren ai werden in an sich bekannter Weise derart ermittelt, dass eine Norm der Abweichung der resultierenden Funktion g von dem Spektrum S als Integral über die Frequenz f minimal ist. Das Integral erstreckt sich von einer Minimalfrequenz fmin zu einer Maximalfrequenz fmax. Die Minimalfrequenz fmin und die Maximalfrequenz fmax sind derart gewählt, dass das gesamte relevante Spektrum S abgedeckt wird. Beispielsweise kann die Minimalfrequenz fmin bei 0 Hz

liegen und die Maximalfrequenz fmax im zweistelligen Kilohertzbereich.

Die Anzahl an ermittelten Wichtungsfaktoren ai (also der Wert N+1) kann nach Bedarf bestimmt sein. In der Regel weist der Wert N eine nennenswerte Größe auf. Beispielsweise kann der Wert N bei 20 oder mehr liegen, insbesondere bei 30 oder mehr. In Versuchen haben sich Werte N zwischen 40 und 60, insbesondere zwischen 45 und 55, als vorteilhaft erwiesen.

Der Auswertungseinrichtung 8 ist gemäß FIG 5 für bestimmte Materialeigenschaften ein jeweiliger Satz von Referenzwichtungsfaktoren ai1, ai2, ai3 gegeben. Der jeweilige Satz von Referenzwichtungsfaktoren ai1, ai2, ai3 bestimmt gemäß den FIG 8 bis 10 eine jeweilige Referenzfunktion gR1, gR2, gR3. Die Anzahl an Materialeigenschaften, zugehörigen Sätzen von Referenzwichtungsfaktoren ai1, ai2, ai3 und zugehörigen Referenzfunktionen gR1, gR2, gR3 kann nach Bedarf bestimmt sein. Die gemäß FIG 5 gegebene Anzahl an drei Sätzen von Referenzwichtungsfaktoren ai1, ai2, ai3 usw. ist rein beispielhaft. Auch die in den FIG 8 bis 10 dargestellten Referenzfunktionen gR1, gR2, gR3 sind als solche rein beispielhaft. Wesentlich und auch ohne weiteres erkennbar ist jedoch, dass die Referenzfunktionen gR1, gR2, gR3 deutlich unterschiedlich sind.

In einem Schritt S3 vergleicht die Auswertungseinrichtung 8 die ermittelte resultierende Funktion g mit den Referenzfunktionen gR1, gR2, gR3 und bestimmt daraus (positiver Fall) die Materialeigenschaft. Die ermittelte Materialeigenschaft (bzw. eine entsprechende Information I) gibt die Auswertungseinrichtung 8 in einem Schritt S4 aus. Falls (negativer Fall) im Rahmen des Vergleichs keine Übereinstimmung ermittelt werden konnte, wird in einem Schritt S5 eine Meldung ausgegeben, dass die Materialeigenschaft nicht ermittelt werden konnte. Die Ausgabe kann in beiden Fällen beispielsweise an eine Bedienperson 14 oder an ein Automatisierungssystem 15 für die Fördereinrichtung 2 erfolgen. Auch eine kombinierte Ausgabe an die Bedienperson 14 und an das Automatisierungssystem 15 ist möglich.

Es ist möglich, dass die Auswertungseinrichtung 8 im Rahmen des genannten Vergleichs die ermittelten Wichtungsfaktoren ai zunächst mit den Referenzwichtungsfaktoren ai1 der Referenzfunktion gR1, sodann mit den Referenzwichtungsfaktoren ai2, der Referenzfunktion gR2 und sodann mit den Referenzwichtungsfaktoren ai3 der Referenzfunktion gR3 usw. vergleicht. Alternativ ist es möglich, dass die Auswertungseinrichtung 8 im Rahmen des genannten Vergleichs die Funktionen g, gR1, gR2, gR3 als solche miteinander vergleicht. Welche dieser beiden Vorgehensweisen zu besseren Ergebnissen führt, ist eine Frage des Einzelfalls. Beispielsweise ist es möglich, wie in FIG 11 für eine der Referenzfunktionen gR1, gR2, gR3 (nämlich die Referenzfunktion gR1) dargestellt, ein Fehlerband zu definieren und zu überprüfen, ob die resultierende Funktion g innerhalb des jeweiligen Fehlerbandes liegt. Das Fehlerband kann nach Bedarf einheitlich für alle Referenzfunktionen gR1, gR2, gR3 oder individuell für die jeweilige Referenzfunktion gR1, gR2, gR3 bestimmt sein.

Zum Überprüfen, ob die resultierende Funktion g innerhalb des jeweiligen Fehlerbandes liegt, werden vorzugsweise entsprechend der Darstellung in FIG 12 eine Anzahl von Stützstellen 16 definiert. Die Anzahl an Stützstellen 16 ist kleiner als die Anzahl an Ausgangsfunktionen gi, die in die Linearkombination eingehen. Wenn mit M die Anzahl an Stützstellen 16 bezeichnet wird, gilt also $M < N+1$. Mit dem Begriff „Anzahl an Ausgangsfunktionen" ist in diesem Zusammenhang nicht notwendigerweise diejenige Anzahl an Ausgangsfunktionen gi gemeint, deren jeweiliger Wichtungsfaktor ai einen von 0 verschiedenen Wert aufweist. Es ist vielmehr die Anzahl an Wichtungsfaktoren gemeint, die überhaupt bestimmt werden (auch wenn ihr Wert im Einzelfall 0 sein kann). Im Falle der Ausgestaltung gemäß FIG 12 wird also die Norm der Abweichung der resultierenden Funktion g von der jeweiligen Referenzfunktion gR1, gR2, gR3 nur für die Stützstellen 16 ermittelt. Die in FIG 12 dargestellte Anzahl von vier Stützstellen 16 ist jedoch nur rein beispielhaft.

Die Ausgangsfunktionen gi können Polynomfunktionen sein. Für jede Ausgangsfunktion gi gilt in diesem Fall

$$gi(f) = bi0 + bi1 \cdot f + bi2 \cdot f^2 + ..bii \cdot f^i \quad (2)$$

wobei weiterhin bii ≠ 0 ist.Im einfachsten Fall gilt für die Ausgangsfunktionen gi

$$gi(f) = f^i \quad (3)$$

Vorzugsweise sind die Ausgangsfunktionen gi orthogonale Funktionen. Wenn die Ausgangspositionen gi orthogonale Funktionen sind, erfüllen sie die Bedingung

$$\int_{f\min}^{f\max} gj1(f) \cdot gj2(f) df = \delta ij \quad (4)$$

wobei gj1 und gj2 jeweils eine der Ausgangsfunktionen gi und δij das sogenannte Kronecker-Delta sind. Es gilt also δij = 1 für i = j und δij = 0 für i ≠ j. Die Ausgangsfunktionen gi können in diesem Fall rekursiv ermittelt werden, wobei gilt

$$g0(f) = \frac{1}{\sqrt{f\max - f\min}} \quad (5)$$

Die Definition der Ausgangsfunktionen gi als orthogonale Polynome bietet insbesondere den Vorteil, dass nach und nach die einzelnen Wichtungsfaktoren ai ermittelt werden können und jeweils geprüft werden kann, ob die Abweichung der resultierenden Funktion g von dem Spektrum S als Integral über die Frequenz f hinreichend klein ist. Ist dies der Fall, kann die weitere Ermittlung von Wichtungsfaktoren ai abgebrochen werden, und die noch nicht ermittelten Wichtungsfaktoren ai können auf den Wert 0 gesetzt werden. Ist dies nicht der Fall, so können weitere Wichtungsfaktoren ai ermittelt werden, ohne die zuvor ermittelten Wichtungsfaktoren ai neu ermitteln zu müssen.

Soweit bisher erläutert, wird das Verfahren zur Ermittlung der Materialeigenschaft von der Auswertungseinrichtung 8 in einem Arbeitsmodus ausgeführt. Im Arbeitsmodus wird anhand des erfassten Geräuschs G die jeweilige Materialeigenschaft ermittelt. Es ist jedoch - ähnlich einem Teach-in - möglich, der Auswertungseinrichtung 8 auf ähnliche Weise neue Materialeigenschaften anzulernen. Dies wird nachfolgend in Verbindung mit FIG 13 näher erläutert.

Gemäß FIG 13 prüft die Auswertungseinrichtung 8 in einem Schritt S11, ob sie sich in einem Lernmodus befindet. Wenn dies nicht der Fall ist, befindet sich die Auswertungseinrichtung 8 im Arbeitsmodus. In diesem Fall geht die Auswertungseinrichtung 8 zu einem Schritt S12 über. Der Schritt S12 korrespondiert mit der Vorgehensweise von FIG 7 insgesamt.

Im Lernmodus geht die Auswertungseinrichtung 8 zunächst zu einem Schritt S13 über. Im Schritt S13 wird der Auswertungseinrichtung die Materialeigenschaft als solche vorgegeben. Weiterhin wird das stückige Material 1 derart gefördert wird, dass es die Kontaktfläche 7a, 7b kontaktiert und relativ zu der Kontaktfläche 7a, 7b bewegt wird. Dieser Schritt ist in FIG 13 nicht dargestellt, weil er nicht von der Auswertungseinrichtung 8 ausgeführt wird. Das Fördern des stückigen Materials 1 erfolgt auf die gleiche Weise wie auch im Arbeitsmodus.

In einem Schritt S14 setzt die Auswertungseinrichtung 8 einen Zähler 17 (siehe FIG 5) auf den Wert m = 1. In einem Schritt S15 greift die Auswertungseinrichtung 8 aus dem erfassten Geräusch G ein Zeitintervall T heraus und ermittelt ein korrespondierendes Frequenzspektrum. Der Schritt S15 korrespondiert mit den Schritten S1 und S2 von FIG 7. Es wird daher auf die obigen Ausführungen verwiesen. In einem Schritt S16 speichert die Auswertungseinrichtung 8 die im Rahmen des Schrittes S15 ermittelten Wichtungsfaktoren ai ab.

In einem Schritt S16 prüft die Auswertungseinrichtung 8, ob der Wert des Zählers 17 bereits einen Endwert M erreicht hat. Wenn

dies nicht der Fall ist, geht die Auswertungseinrichtung 8 zu einem Schritt S17 über. Im Schritt S17 inkrementiert die Auswertungseinrichtung 8 den Zähler 17. Sodann geht sie zum Schritt S15 zurück. Die Schritte S15 bis S17 werden von der Auswertungseinrichtung 8 im Lernmodus also mehrfach ausgeführt.

Wenn der Zähler 17 hingegen den Endwert M erreicht hat, geht die Auswertungseinrichtung 8 zu einem Schritt S18 über. Im Schritt S18 wertet die Auswertungseinrichtung 8 die im Rahmen der mehrfachen Ausführung des Schrittes S15 ermittelten Wichtungsfaktoren ai in ihrer Gesamtheit aus. Beispielsweise kann die Auswertungseinrichtung 8 den jeweiligen Mittelwert des jeweiligen Wichtungsfaktors ai ermitteln, also beispielsweise den Mittelwert der Wichtungsfaktoren a1, die im Durchlauf 1, im Durchlauf 2 usw. bis zum Durchlauf M der Schleife von FIG 13 ermittelt werden. Wenn also beispielsweise die Präferenzwichtungsfaktoren ai1, ai2, ai3 für drei Materialeigenschaften bereits bekannt sind und im Rahmen der Vorgehensweise von FIG 13 die Referenzwichtungsfaktoren ai4 für eine vierte Materialeigenschaft ermittelt werden sollen, kann im Rahmen des Schrittes S18 beispielsweise der Referenzwichtungsfaktor a14 als

$$a14 = \frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M} a1(m) \qquad (6)$$

ermittelt werden. Der Buchstabe m in Gleichung 6 steht hierbei für die jeweilige Iteration, also den jeweiligen Durchlauf der Schleife von FIG 13.

Analoge Ermittlungen werden für die Wichtungsfaktoren a2, a3 usw. vorgenommen. Im Ergebnis werden somit von der Auswertungseinrichtung 8 im Lernmodus anhand der Gesamtheit der für die Zeitintervalle T jeweils ermittelten Wichtungsfaktoren ai die Referenzwichtungsfaktoren ai4 ermittelt. Die neu ermittelten Referenzwichtungsfaktoren ai4 werden sodann in einem Schritt S19 der im Schritt S13 vorgegebenen Materialeigenschaft zugeordnet. Dadurch ist es möglich, ab diesem Zeitpunkt im Arbeitsmodus dann,

wenn sich entsprechende Übereinstimmungen ergeben, die neue, vierte Materialeigenschaft zu erkennen.

Oftmals ist weiterhin zusätzlich ein Schritt S20 vorhanden. Im Schritt S20 wird ein zulässiges Fehlerband für die durch die neu ermittelten Referenzwichtungsfaktoren ai4 definierte neue Referenzfunktion gR4 ermittelt. Beispielsweise können gemäß üblichen statistischen Vorgehensweisen Varianzen ermittelt werden und ausgehend hiervon das zulässige Fehlerband ermittelt werden.

Soweit bisher erläutert, ist das Zeitintervall T vorbestimmt. Es weist also im Rahmen der bisher erläuterten Vorgehensweisen eine feste, vorab bekannte Länge auf. Alternativ ist es möglich, die Vorgehensweise des Schrittes S1 von FIG 7 so zu modifizieren, wie dies nachfolgend in Verbindung mit FIG 14 erläutert wird.

Gemäß FIG 14 ist der Schritt S1 durch Schritte S31 bis S36 ersetzt. Im Schritt S31 wird ein Energiewert E auf den Wert 0 gesetzt. Im Schritt S32 wird für einen (kurzen) Zeitraum das vom Schallsensor 6 erfasste Geräusch G entgegengenommen. Im Schritt S33 wird das im Schritt S32 entgegengenommene Geräusch G dem bisher entgegengenommenen Geräusch G hinzugefügt, also zeitlich an dieses angesetzt. Im Schritt S34 wird der Energieinhalt δE des im Schritt S32 entgegengenommenen Geräusch SG ermittelt. Im Schritt S35 wird der Energiewert E um den Energieinhalt δE inkrementiert. Im Schritt S36 prüft die Auswertungseinrichtung 8, ob der Energiewert E einen Grenzwert E0 überschritten hat. Solange dies nicht der Fall ist, geht die Auswertungseinrichtung 8 zum Schritt S32 zurück. Anderenfalls geht die Auswertungseinrichtung 8 zum Schritt S2 (vergleiche auch FIG 7) über.

Im Rahmen der Vorgehensweise von FIG 14 wird also von der Auswertungseinrichtung 8 ab dem Beginn des Zeitintervall T eine Schallenergie E des erfassten Geräuschs G ermittelt. Das Zeitintervall T wird von der Auswertungseinrichtung 8 terminiert, wenn die akkumulierte Schallenergie E einen Energiegrenzwert E0 erreicht.

Alternativ zu den Vorgehensweisen gemäß den FIG 6 bis 14 ist es möglich, dass die Auswertungseinrichtung 8 - siehe in FIG 15 die obere Darstellung und den Schritt S41 in FIG 16 - das Zeitintervall T in eine Mehrzahl von Teilintervallen T' unterteilt. Die Anzahl an Teilintervallen T' kann insbesondere zwischen 20 und 100 liegen. Die Zeitdauer der Teilintervalle T' liegt in der Regel bei maximal 1 Sekunde. Oftmals liegt sie bei maximal 100 ms, insbesondere zwischen 20 ms und 80 ms, beispielsweise bei ca. 50 ms.

In einem Schritt S42 ermittelt die Auswertungseinrichtung 8 für die Teilintervalle T' jeweils deren Leistungsspektrum S. FIG 17 zeigt rein beispielhaft für eines der Teilintervalle T' dessen Leistungsspektrum S. In einem Schritt S43 ermittelt die Auswertungseinrichtung 8 für die Teilintervalle T' jeweils die im jeweiligen Leistungsspektrum S enthaltene Energie P. Weiterhin ermittelt die Auswertungseinrichtung 8 in einem Schritt S44 für die Teilintervalle T' jeweils einen Energieanteil P'. Der Energieanteil P' ist derjenige Energieanteil des jeweiligen Leistungsspektrums S, der zwischen einer unteren Grenzfrequenz f1 und oberen Grenzfrequenz f2 liegt. Die untere Grenzfrequenz f1 kann beispielsweise zwischen 200 Hz und 1000 Hz liegen, insbesondere bei etwa 500 Hz. Die obere Grenzfrequenz f2 kann beispielsweise zwischen 500 Hz und 2000 Hz liegen, insbesondere bei etwa 1000 Hz. Es ist möglich dass die beiden Grenzfrequenzen f1, f2 der Auswertungseinrichtung 8 fest vorgegeben sind. Alternativ können sie der Auswertungseinrichtung 8 beispielsweise von der Bedienperson 14 vorgegeben werden.

In einem Schritt S45 ermittelt die Auswertungseinrichtung 8 für die Teilintervalle T' jeweils einen Anteil $q = P'/P$. FIG 15 zeigt im unteren Teil rein beispielhaft eine mögliche Abfolge der ermittelten Anteile q. In einem Schritt S46 ermittelt die Auswertungseinrichtung 8 schließlich die Materialeigenschaft. Die Ermittlung erfolgt insbesondere anhand des Anteils an Teilintervallen T', bei denen der Anteil q oberhalb eines vorbestimmten Schwellenwertes q0 liegt. Der Schwellenwert q0

kann - je nach Vorgabe der beiden Grenzfrequenzen f1, f2 - beispielsweise zwischen 0,2 und 0,5 liegen. Falls die Gesamtzahl an Teilintervallen T' vorab bekannt ist, kann direkt die Anzahl an Teilintervallen T' verwertet werden. Anderenfalls wird in der Regel zuvor der Quotient mit der Gesamtzahl an Teilintervallen T' gebildet. Die Auswertungseinrichtung 8 kann für die Auswertung des Anteils an Teilintervallen T', bei denen der Anteil q oberhalb des vorbestimmten Schwellenwertes q0 liegt, insbesondere entsprechend der Darstellung in den FIG 5 und 16 eine Fuzzylogik 18 aufweisen.

Es ist möglich, dass die Auswertungseinrichtung 8 eines oder mehrere der obenstehend erläuterten Verfahren permanent ausführt. Alternativ ist es möglich, dass die Auswertungseinrichtung 8 (mindestens) eines dieser Verfahren nur von Zeit zu Zeit ausführt. Beispielsweise ist es möglich, dass der Auswertungseinrichtung 8 entsprechend der Darstellung in FIG 5 von der Bedienperson 14 ein Auslösesignal C vorgegeben wird. In diesem Fall kann das Vorgeben des Auslösesignals C den Beginn eines Zeitintervalls T bestimmen. Beispielsweise kann die Auswertungseinrichtung 8 bei Vorgabe des Auslösesignals C sofort oder nach einer gewissen Verzögerungszeit ein Zeitintervall T starten. Auch ist es möglich, dass der Auswertungseinrichtung 8 vom Automatisierungssystem 15 - ähnlich einer Wegverfolgung - Informationen I' über das Fördern des stückigen Materials 1 vorgegeben werden und dass die Auswertungseinrichtung 8 die erfindungsgemäßen Verfahren in Abhängigkeit von diesen Informationen I' beginnt und beendet.

Weiterhin ist es möglich, dass der Auswertungseinrichtung 8 auf das stückige Material 1 bezogene Daten D vorgegeben werden. Die Daten D können beispielsweise - gegebenenfalls zusätzlich zu den Informationen I' - Informationen über den Förderweg des stückigen Materials 1, über eine Fördergeschwindigkeit und/oder Art und Struktur des stückigen Materials 1 umfassen. In diesem Fall ist es möglich, dass die Auswertungseinrichtung 8 die Daten im Rahmen der Auswertung des erfassten Geräuschs G berücksichtigt. Die

Vorgabe der Daten D kann durch die Bedienperson 14 oder das Automatisierungssystem 15 erfolgen.

Beispielsweise kann die Auswertungseinrichtung 8 in dem Fall, dass ihr eine Fördergeschwindigkeit des stückigen Materials vorgegeben wird, die Auswertung als solche anpassen. Insbesondere können für die Bestimmung der Materialart die Referenzwichtungsfaktoren ai1, ai2, ai3 oder die Größe des Fehlerbandes und/oder für die Bestimmung der Materialstruktur die untere und/oder die obere Grenzfrequenz f1, f2 und eventuell auch der Schwellenwert q0 angepasst werden. Auch ist eine Plausibilitätsprüfung möglich, wenn die Auswertungseinrichtung 8 beispielsweise kein Geräusch G erfasst, das durch den Kontakt des stückigen Materials 1 mit der Kontaktfläche 7a, 7b und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche 7a, 7b hervorgerufen wird, obwohl dies aufgrund der Daten D der Fall sein müsste.

Von der Auswertungseinrichtung 8 wird, wie bereits erwähnt, gemäß FIG 5 eine Information I über die ermittelte Materialeigenschaft ausgegeben. Die Ausgabe kann nach Bedarf an die Bedienperson 14 und/oder an das Automatisierungssystem 15 erfolgen. Wenn die Ausgabe an das Automatisierungssystem 15 erfolgt, ist das Automatisierungssystem 15 in der Lage, die ermittelte Materialeigenschaft automatisch zu verarbeiten. Insbesondere kann das Automatisierungssystem 15 (dem selbstverständlich bekannt ist, welches Material zu welchem Zeitpunkt von wo nach wo gefördert werden soll) überprüfen, ob die erkannte Materialeigenschaft ordnungsgemäß ist. Gegebenenfalls kann sogar eine bereits bestehende Förderung verlangsamt, gestoppt oder unterbrochen werden. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass die Auswertungseinrichtung 8 die ermittelte Materialeigenschaft im Sinne einer Historie abspeichert. Die abgespeicherte Materialeigenschaft überschreibt also nicht bisher abgespeicherte Materialeigenschaften, sondern wird zusätzlich zu diesen gespeichert, am besten zusammen mit einem Zeitstempel.

Es ist weiterhin möglich, dass der Auswertungseinrichtung 8 eine erwartete Materialeigenschaft bekannt ist. Beispielsweise

können entsprechende Vorgaben durch die Bedienperson 14 und/oder das Automatisierungssystem 15 erfolgen. Im Falle derartige Vorgaben kann die Auswertungseinrichtung 8 die ermittelte Materialeigenschaft mit der erwarteten Materialeigenschaft vergleichen. Im Falle einer Abweichung der ermittelten Materialeigenschaft von der erwarteten Materialeigenschaft gibt die Auswertungseinrichtung 8 gemäß FIG 5 eine Alarmmeldung A aus. Die Ausgabe der Alarmmeldung A erfolgt vorzugsweise an die Bedienperson 14, kann zusätzlich aber auch an das Automatisierungssystem 15 übermittelt werden. Die Alarmmeldung A ist eine von der Information I' verschiedene Meldung. Es kann sich beispielsweise um einen akustischen und/oder optischen Alarm handeln.

Im Minimalfall ist nur ein einziger Schallsensor 6 vorhanden. Vorzugsweise wird jedoch entsprechend der Darstellung in FIG 18 mittels mehrerer Schallsensoren 6 an verschiedenen Orten jeweils ein Geräusch G erfasst. Die erfassten Geräusche G werden gemäß FIG 18 der Auswertungseinrichtung 8 zugeführt. In diesem Fall kann von der Auswertungseinrichtung 8 anhand der erfassten Geräusche G ermittelt werden, an welchem Ort durch den dort angeordneten Schallsensor 6 das durch den Kontakt des stückigen Materials 1 mit der (dortigen) Kontaktfläche 7a, 7b und dessen Bewegung relativ zu der (dortigen) Kontaktfläche 7a, 7b hervorgerufene Geräusch G erfasst wird. Die Auswertungseinrichtung 8 kann zum einen daraufhin nur noch dieses eine Geräusch G auswerten. Zum anderen kann die Auswertungseinrichtung 8 überprüfen, ob dieser Ort mit einem erwarteten Ort übereinstimmt. Im Falle der Nichtübereinstimmung kann die Auswertungseinrichtung 8 insbesondere entsprechend der Darstellung in FIG 5 eine Alarmmeldung A' ausgeben.

Die im Rahmen der vorliegenden Erfindung verwendeten Schallsensoren 6 können nach Bedarf ausgebildet sein. Beispielsweise kann es sich um ein Mikrofon, ein Hydrofon oder einen Körperschallsensor handeln. Insbesondere im Falle eines Mikrofons und eventuell auch im Falle eines Hydrofons kann der Schallsensor 6 insbesondere eine Richtcharakteristik aufweisen.

Dies wird nachstehend in Verbindung mit den FIG 19 und 20 näher erläutert.

Gemäß FIG 19 weist der Schallsensor 6 eine Vorzugsrichtung 19 auf. Trifft der Schall aus der Vorzugsrichtung 19 auf den Schallsensor 6 auf, weist der Schallsensor 6 gemäß FIG 20 eine maximale Sensitivität auf. Je größer ein Winkel α ist, unter dem der Schall auf den Schallsensor 6 auftrifft, von der Vorzugsrichtung 19 abweicht, desto geringer wird gemäß FIG 20 die Sensitivität. Eine auf die maximale Sensitivität normierte relative Sensitivität sinkt daher auf Werte unterhalb von 1 ab. Richtcharakteristik bedeutet nun, dass der Winkel $\alpha 0$, bei dem die relative Sensitivität unter den Wert von 0,1 sinkt, bei maximal 20° liegt.

Zusammengefasst betrifft die vorliegende Erfindung somit folgenden Sachverhalt:

Ein stückiges Material 1 wird mittels einer Fördereinrichtung 2 derart gefördert, dass es eine Kontaktfläche 7a, 7b der Fördereinrichtung 2 kontaktiert und relativ zu der Kontaktfläche 7a, 7b bewegt wird. Mittels mindestens eines Schallsensors 6 wird ein durch den Kontakt des stückigen Materials 1 mit der Kontaktfläche 7a, 7b und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche 7a, 7b hervorgerufenes Geräusch G erfasst. Das erfasste Geräusch G wird einer Auswertungseinrichtung 8 zugeführt. Die Auswertungseinrichtung 8 ermittelt durch Auswerten des während eines Zeitintervalls T erfassten Geräuschs G automatisch mindestens eine Materialeigenschaft des stückigen Materials 1.

Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. Insbesondere ist auf einfache und kostengünstige Weise jederzeit eine zuverlässige Erkennung von Materialeigenschaften möglich. Das Bedienpersonal wird hierbei von Lärm- und Staubbelastungen entlastet. Durch die Kopplung mit dem Automatisierungssystem 15 ist es weiterhin möglich, gegenseitige automatische Abstimmungen zwischen der Auswertungseinrichtung 8 und dem Automatisierungssystem 15 zu implementieren.

Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

1	stückiges Material
2	Fördereinrichtung
3a bis 3c	Förderelemente
4a bis 4c	Übergabestellen
5a bis 5d	Vorratsbereiche
5’	Rutschen
6	Schallsensoren
7a, 7b	Kontaktflächen
8	Auswertungseinrichtung
9	Verstärker
10	Analog-Digital-Wandler
11	Filter
12	weiterer Schallsensor
13	Verarbeitungseinrichtung
14	Bedienperson
15	Automatisierungssystem
16	Schnittstellen
17	Zähler
18	Fuzzylogik
19	Vorzugsrichtung
A, A'	Alarmmeldungen
ai	Wichtungsfaktoren
ai1, ai2, ai3	Referenzwichtungsfaktoren
C	Auslösesignal
D	Daten
f	Frequenz
f1, f2	Grenzfrequenzen
E	Energiewert
E0	Grenzwert
G	Geräusch
g	resultierende Funktion
gi	Ausgangsfunktionen
gR1, gR2, gR3	Referenzfunktion
GU	Umgebungsgeräusch
I, I'	Informationen
m	Wert des Zählers

M	Endwert
P	Energie
P'	Energieanteil
q	Anteil
q0	Schwellenwert
S	Spektrum
S1 bis S46	Schritte
T	Zeitintervall
T'	Teilintervalle
t	Zeit
α, $\alpha 0$	Winkel
δE	Energieinhalt

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung mindestens einer Materialeigenschaft eines stückigen Materials (1),

- wobei das stückige Material (1) mittels einer Fördereinrichtung (2) derart gefördert wird, dass es eine Kontaktfläche (7a, 7b) der Fördereinrichtung (2) kontaktiert und relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) bewegt wird,
- wobei mittels mindestens eines Schallsensors (6) ein durch den Kontakt des stückigen Materials (1) mit der Kontaktfläche (7a, 7b) und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) hervorgerufenes Geräusch (G) erfasst wird,
- wobei das erfasste Geräusch (G) einer Auswertungseinrichtung (8) zugeführt wird,
- wobei die Auswertungseinrichtung (8) durch Auswerten des während eines Zeitintervalls (T) erfassten Geräuschs (G) automatisch die Materialeigenschaft ermittelt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das stückige Material (1) an einer Übergabestelle (4a, 4b) von einem ersten Förderelement (3a, 3b) der Fördereinrichtung (2) an ein zweites Förderelement (3b, 3c) der Fördereinrichtung (2) übergeben wird und dass die Kontaktfläche (7a, 7b) im Bereich der Übergabestelle (4a, 4b) angeordnet ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das erste Förderelement (3a, 3b) ortsfest angeordnet ist, so dass das stückige Material (1) dem ersten Förderelement (3a, 3b) an einer vordefinierten Zuführstelle zugeführt wird und die Übergabestelle (4a, 4b), an der das stückige Material (1) an das zweite Förderelement (3b, 3c) übergeben wird, ebenfalls ortsfest ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das zweite Förderelement (3b) ortsfest angeordnet ist, so

dass das stückige Material (1) von dem zweiten Förderelement (3b) an einer vordefinierten Abgabestelle abgegeben wird oder dass das zweite Förderelement (3c) beweglich ist, so dass das stückige Material (1) von dem zweiten Förderelement (3c) je nach dessen Positionierung einem von mehreren Vorratsbereichen (5a, 5b) zugeführt wird.

5. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Bewegung des Materials (1) relativ zur Kontaktfläche (7a, 7b) ein orthogonales oder schräges Aufprallen auf die Kontaktfläche (7a) oder ein Entlanggleiten entlang der Kontaktfläche (7b) ist.

6. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Schallsensor (6) eine Richtcharakteristik aufweist.

7. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das während des Zeitintervalls (T) erfasste Geräusch (G) im Rahmen der Auswertung von der Auswertungseinrichtung (8) zunächst gefiltert wird und sodann weiter verarbeitet wird.

8. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass von der Auswertungseinrichtung (8) von dem während des Zeitintervalls (T) erfassten Geräusch (G) ein Umgebungsgeräusch (GU) subtrahiert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass von der Auswertungseinrichtung (8) zum Ermitteln der Materialeigenschaft

- eine resultierende Funktion (g) als Linearkombination vorgegebener Ausgangsfunktionen (gi) ermittelt wird, wobei die Ausgangsfunktionen (gi) mit einem jeweiligen Wichtungsfaktor (ai) gewichtet in die resultierende Funktion (g) eingehen,

- die Wichtungsfaktoren (ai) derart ermittelt werden, dass eine Norm der Abweichung der resultierenden Funktion (g) von einem Spektrum (S) des während des Zeitintervalls (T) erfassten Geräuschs (G) als Integral über die Frequenz (f) minimal ist,
- für die jeweilige Materialeigenschaft ein jeweiliger Satz von Referenzwichtungsfaktoren (ai1, ai2, ai3) gegeben ist, durch die eine jeweilige Referenzfunktion (gR1, gR2, gR3) bestimmt ist, und
- die Materialeigenschaft anhand eines Vergleichs der resultierenden Funktion (g) mit den Referenzfunktionen (gR1, gR2, gR3) oder anhand eines Vergleichs der ermittelten Wichtungsfaktoren (ai) mit den Referenzwichtungsfaktoren (ai1, ai2, ai3) der jeweiligen Referenzfunktion (gR1, gR2, gR3) bestimmt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass von der Auswertungseinrichtung (8) zum Ermitteln der Materialeigenschaft an einer Anzahl von Stützstellen (16) die Norm der Abweichung der resultierenden Funktion (g) von der jeweiligen Referenzfunktion (gR1, gR2, gR3) ermittelt wird und dass die Anzahl an Stützstellen (16) kleiner als die Anzahl an Ausgangsfunktionen (gi) ist, die in die Linearkombination eingehen.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Ausgangsfunktionen (gi) Polynomfunktionen sind.

12. Verfahren nach Anspruch 9, 10 oder 11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Ausgangsfunktionen (gi) orthogonale Funktionen sind.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- dass das Verfahren von der Auswertungseinrichtung (8) in einem Arbeitsmodus ausgeführt wird,

- dass in einem Lernmodus das stückige Material (1) derart gefördert wird, dass es die Kontaktfläche (7a, 7b) kontaktiert und relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) bewegt wird, der Auswertungseinrichtung (8) die Materialeigenschaft vorgegeben wird und von der Auswertungseinrichtung (8) mehrfach
  -- mittels des mindestens einen Schallsensors (6) während eines jeweiligen Zeitintervalls (T) das durch den Kontakt des stückigen Materials (1) mit der Kontaktfläche (7a, 7b) und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) hervorgerufene Geräusch (G) erfasst wird,
  -- für das jeweilige Zeitintervall (T) eine jeweilige resultierende Funktion (g) als Linearkombination der vorgegebenen Ausgangsfunktionen (gi) ermittelt wird, wobei die Ausgangsfunktionen (gi) mit einem jeweiligen Wichtungsfaktor (ai) gewichtet in die resultierende Funktion (G) eingehen, und
  -- für das jeweilige Zeitintervall (T) die Wichtungsfaktoren (ai) derart ermittelt werden, dass eine Norm der Abweichung der jeweiligen resultierenden Funktion (g) von einem Spektrum (S) des während des jeweiligen Zeitintervalls (T) erfassten Geräuschs (G) minimal ist, und
- dass von der Auswertungseinrichtung (8) im Lernmodus anhand der Gesamtheit der für die Zeitintervalle (T) jeweils ermittelten Wichtungsfaktoren (ai) die Referenzwichtungsfaktoren (ai4) ermittelt werden und der vorgegebenen Materialeigenschaft zugeordnet werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das Zeitintervall (T) im ein- oder zweistelligen Sekundenbereich liegt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das Zeitintervall (T) vorbestimmt ist oder dass von der Auswertungseinrichtung (8) ab dem Beginn des Zeitintervalls (T) eine Schallenergie (E) des erfassten Geräuschs (G) ermittelt wird und das Zeitintervall (T) von der Auswertungseinrichtung (8)

terminiert wird, wenn die akkumulierte Schallenergie (E) einen Energiegrenzwert (E0) erreicht.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Auswertungseinrichtung (8)
- das Zeitintervall (T) in eine Mehrzahl von Teilintervallen (T') unterteilt,
- für die Teilintervalle (T') jeweils einen Anteil (q) ermittelt, zu dem die Leistung eines Leistungsspektrums (S) des während des jeweiligen Teilintervalls (T') erfassten Geräuschs (G) zwischen einer unteren Grenzfrequenz (f1) und einer oberhalb der unteren Grenzfrequenz (f1) liegenden oberen Grenzfrequenz (f2) liegt, und
- die Materialeigenschaft anhand des Anteils an Teilintervallen (T') ermittelt, bei denen der Anteil (q) der Leistung oberhalb eines vorbestimmten Schwellenwertes (q0) liegt.

17. Verfahren nach Anspruch 16,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die untere Grenzfrequenz (f1) zwischen 200 Hz und 1000 Hz liegt und/oder dass die obere Grenzfrequenz (f2) zwischen 500 Hz und 2000 Hz liegt.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Teilintervalle (T') eine Zeitdauer aufweisen, die maximal bei 1 Sekunde liegt, beispielsweise bei maximal 100 ms, insbesondere zwischen 20 ms und 80 ms, und dass das Zeitintervall (T) mit 20 bis 100 Teilintervallen (T') korrespondiert.

19. Verfahren nach Anspruch 16, 17 oder 18,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Auswertungseinrichtung (8) die Materialeigenschaft anhand des Anteils an Teilintervallen (T'), bei denen der Anteil (q) der Leistung oberhalb des vorbestimmten Schwellenwertes (q0) liegt, mittels einer Fuzzylogik (18) ermittelt.

20. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Auswertungseinrichtung (8) von einer Bedienperson (14) ein Auslösesignal (C) vorgegeben wird und dass das Vorgeben des Auslösesignals (C) den Beginn eines Zeitintervalls (T) bestimmt.

21. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Auswertungseinrichtung (8) auf das stückige Material (1) bezogene Daten (D) vorgegeben werden und dass die Auswertungseinrichtung (8) die Daten (D) im Rahmen der Auswertung des erfassten Geräuschs (G) berücksichtigt.

22. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Auswertungseinrichtung (8) eine die ermittelte Materialeigenschaft repräsentierende Information (I) ausgibt und/oder diese Information (I) im Sinne einer Historie abspeichert.

23. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Auswertungseinrichtung (8) die ermittelte Materialeigenschaft mit einer erwarteten Materialeigenschaft vergleicht und dass die Auswertungseinrichtung (8) im Falle einer Abweichung der ermittelten Materialeigenschaft von der erwarteten Materialeigenschaft eine Alarmmeldung (A) ausgibt.

24. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- dass mittels mehrerer Schallsensoren (6) an verschiedenen Orten jeweils ein Geräusch (G) erfasst wird,
- dass die erfassten Geräusche (G) der Auswertungseinrichtung (8) zugeführt werden,
- dass von der Auswertungseinrichtung (8) anhand der erfassten Geräusche (G) ermittelt wird, an welchem Ort durch den dort angeordneten Schallsensor (6) das durch den Kontakt des stückigen Materials (1) mit der Kontaktfläche (7a, 7b) und

dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) hervorgerufene Geräusch (G) erfasst wird, und

- dass von der Auswertungseinrichtung (8) überprüft wird, ob dieser Ort mit einem erwarteten Ort übereinstimmt, und im Falle der Nichtübereinstimmung eine Alarmmeldung (A') ausgegeben wird.

25. Auswertungseinrichtung zur Bestimmung mindestens einer Materialeigenschaft eines stückigen Materials (1),

- wobei das stückige Material (1) mittels einer Fördereinrichtung (2) derart gefördert wird, dass es eine Kontaktfläche (7a, 7b) der Fördereinrichtung (2) kontaktiert und relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) bewegt wird,
- wobei ein mittels mindestens eines Schallsensors (6) durch den Kontakt des stückigen Materials (1) mit der Kontaktfläche (7a, 7b) und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) hervorgerufenes Geräusch (G) der Auswertungseinrichtung zugeführt wird,
- wobei die Auswertungseinrichtung durch Auswerten des während eines Zeitintervalls (T) erfassten Geräuschs (G) automatisch die Materialeigenschaft ermittelt.

26. Auswertungseinrichtung nach Anspruch 25,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Auswertungseinrichtung ein Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 23 implementiert.

27. Auswertungseinrichtung nach Anspruch 25 oder 26,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- dass der Auswertungseinrichtung die mittels mehrerer Schallsensoren (6) an verschiedenen Orten jeweils erfassten Geräusche (G) zugeführt werden,
- dass von der Auswertungseinrichtung anhand der erfassten Geräusche (G) ermittelt wird, an welchem Ort durch den dort angeordneten Schallsensor (6) das durch den Kontakt des stückigen Materials (1) mit der Kontaktfläche (7a, 7b) und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) hervorgerufene Geräusch (G) erfasst wird, und

- dass von der Auswertungseinrichtung überprüft wird, ob dieser Ort mit einem erwarteten Ort übereinstimmt, und im Falle der Nichtübereinstimmung eine Alarmmeldung (A') ausgegeben wird.

FIG 1

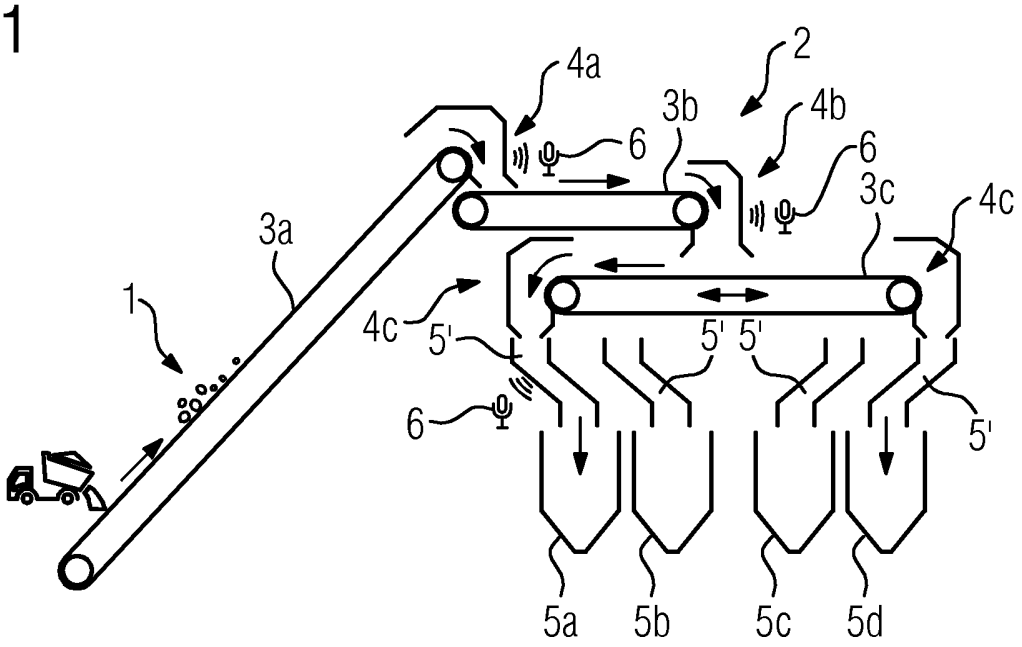


FIG 2

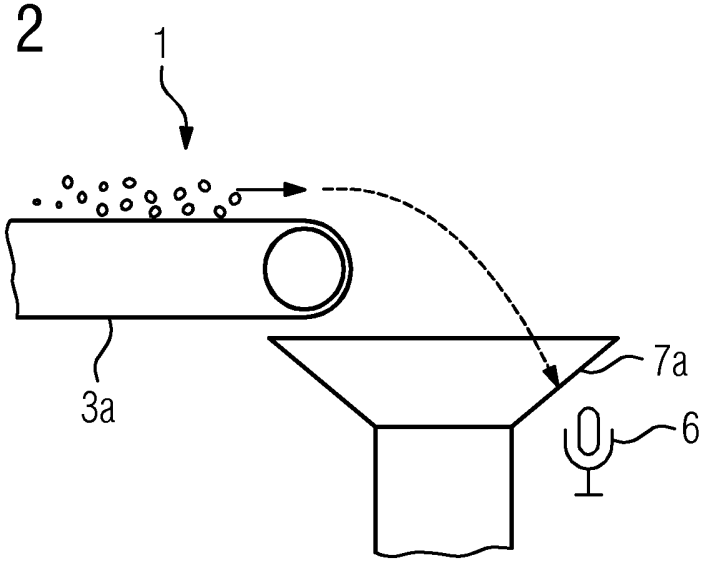


FIG 3

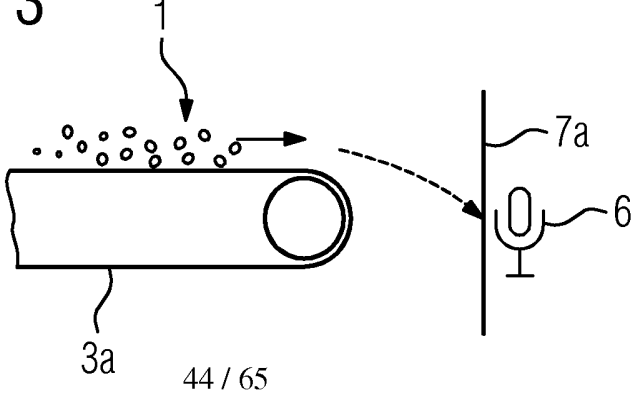


FIG 4

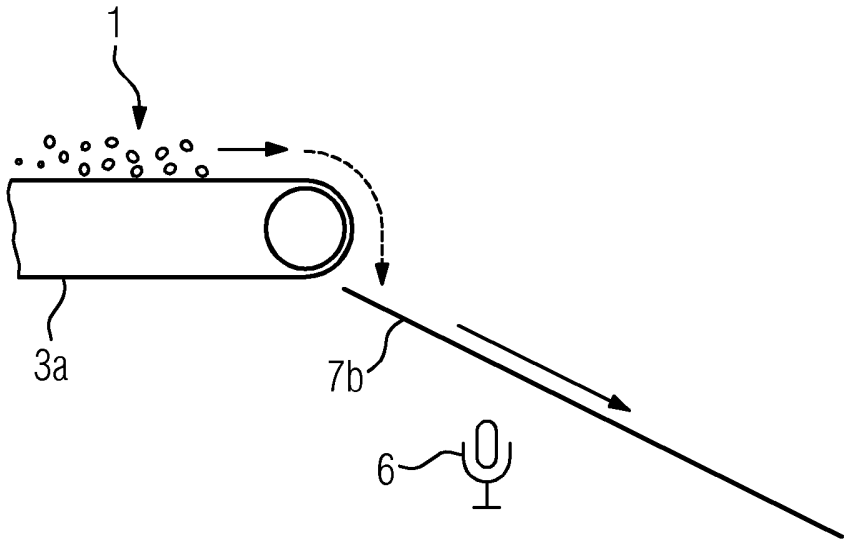


FIG 5

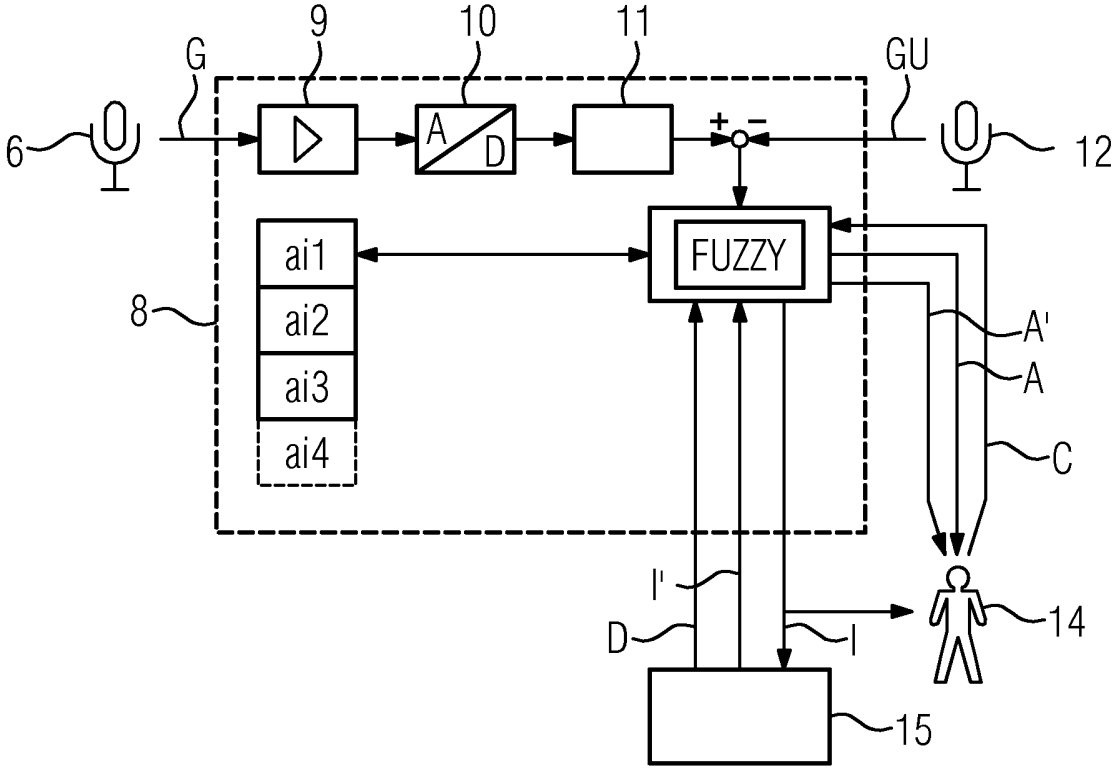


FIG 6

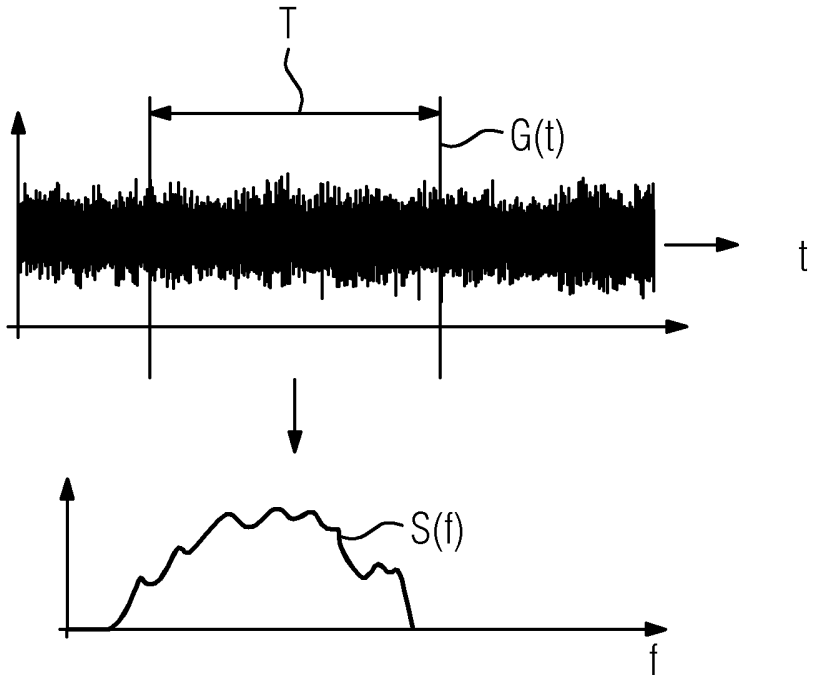


FIG 7

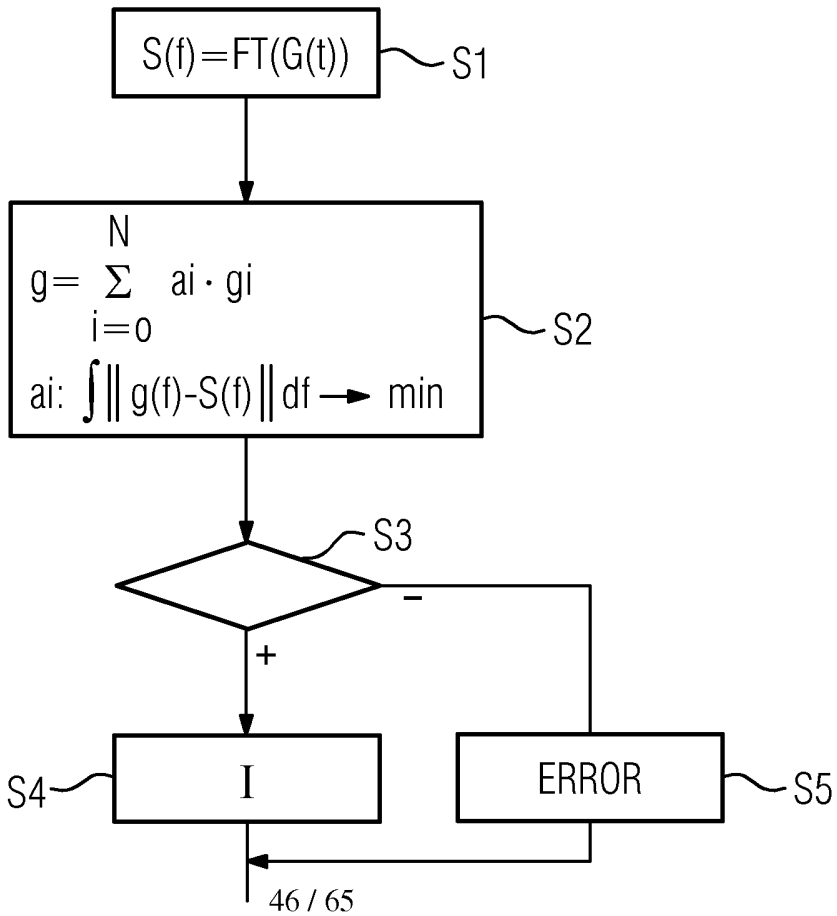


FIG 8

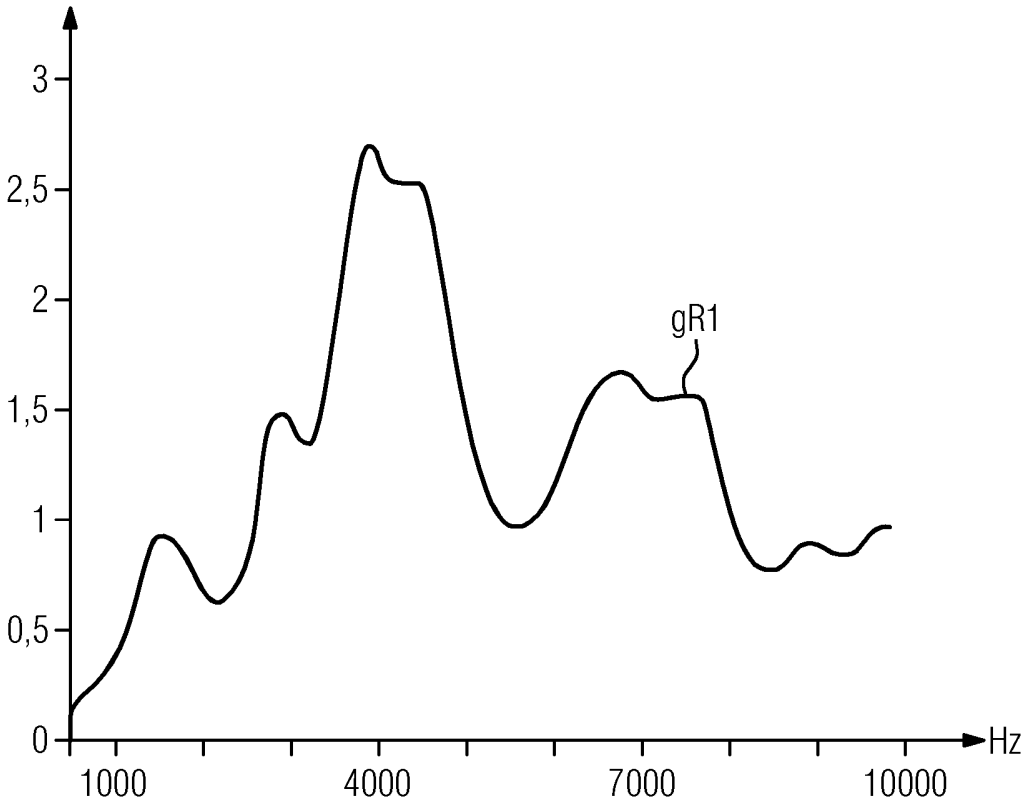

3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
gR1
Hz
1000
4000
7000
10000

FIG 9

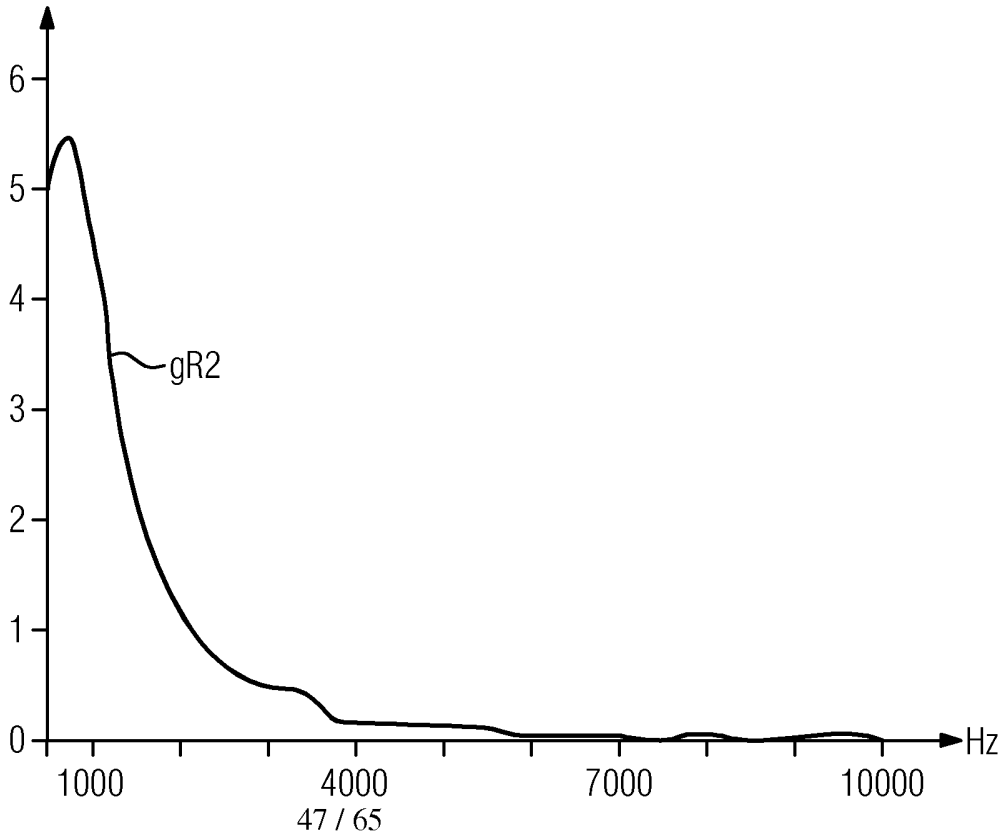

6
5
4
3
2
1
0
gR2
Hz
1000
4000
7000
10000

FIG 10

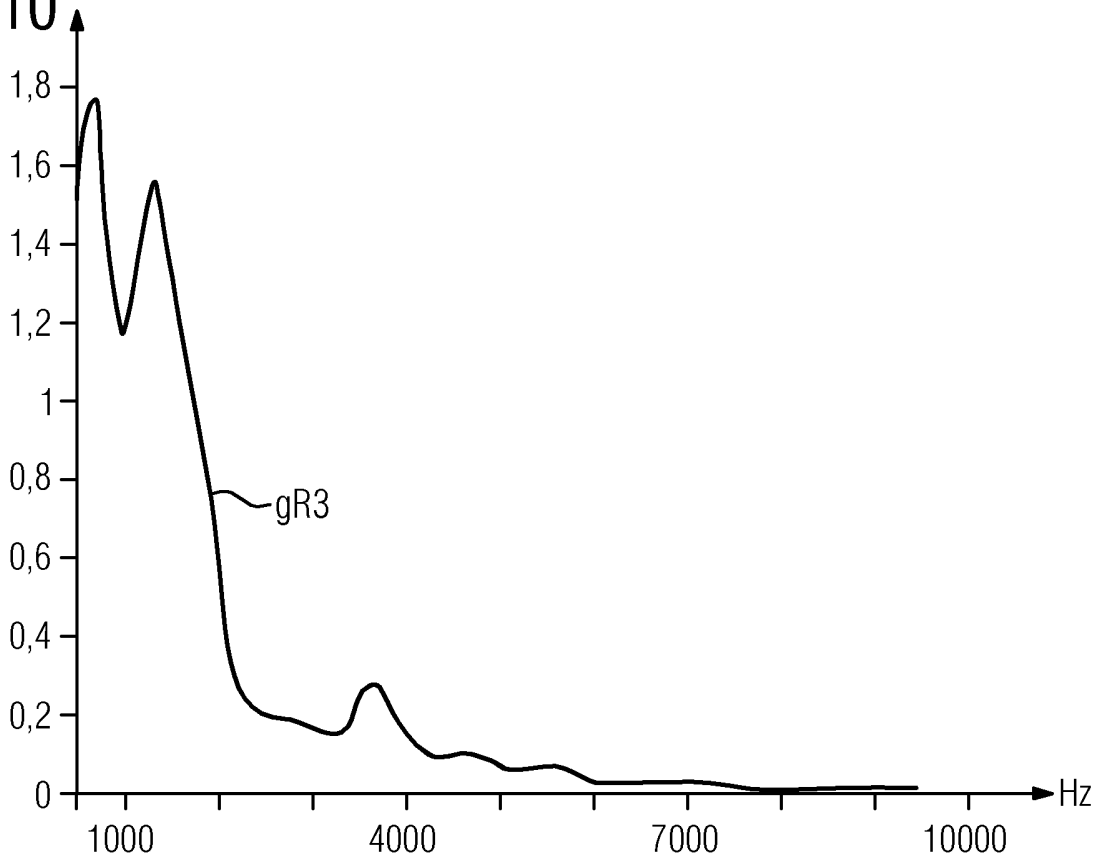

1,8
1,6
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
gR3
Hz
1000
4000
7000
10000

FIG 11

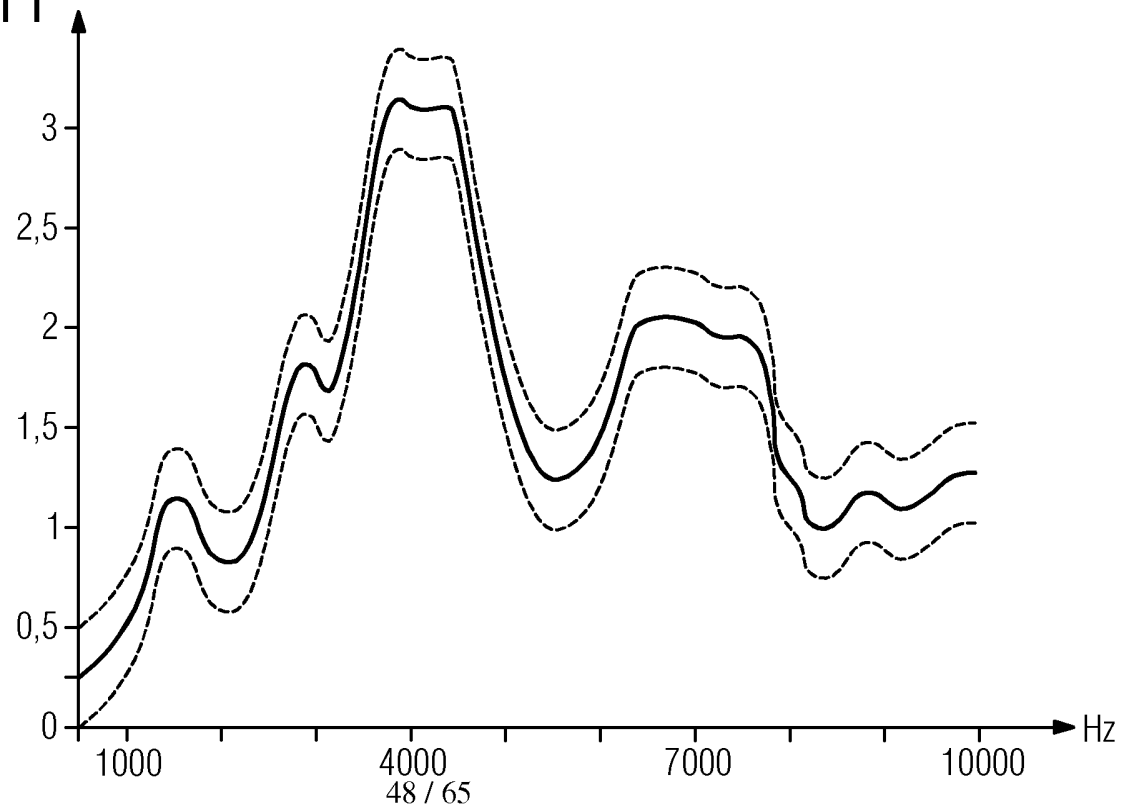

3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
Hz
1000
4000
7000
10000

FIG 12

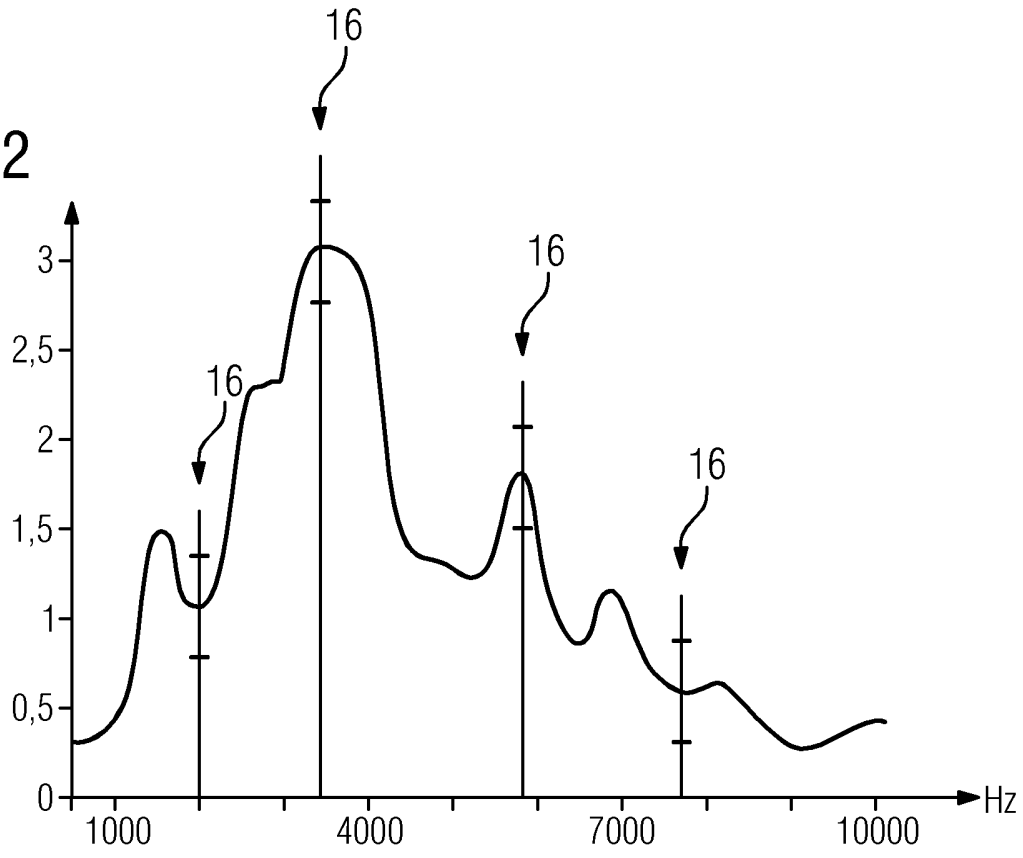


FIG 13

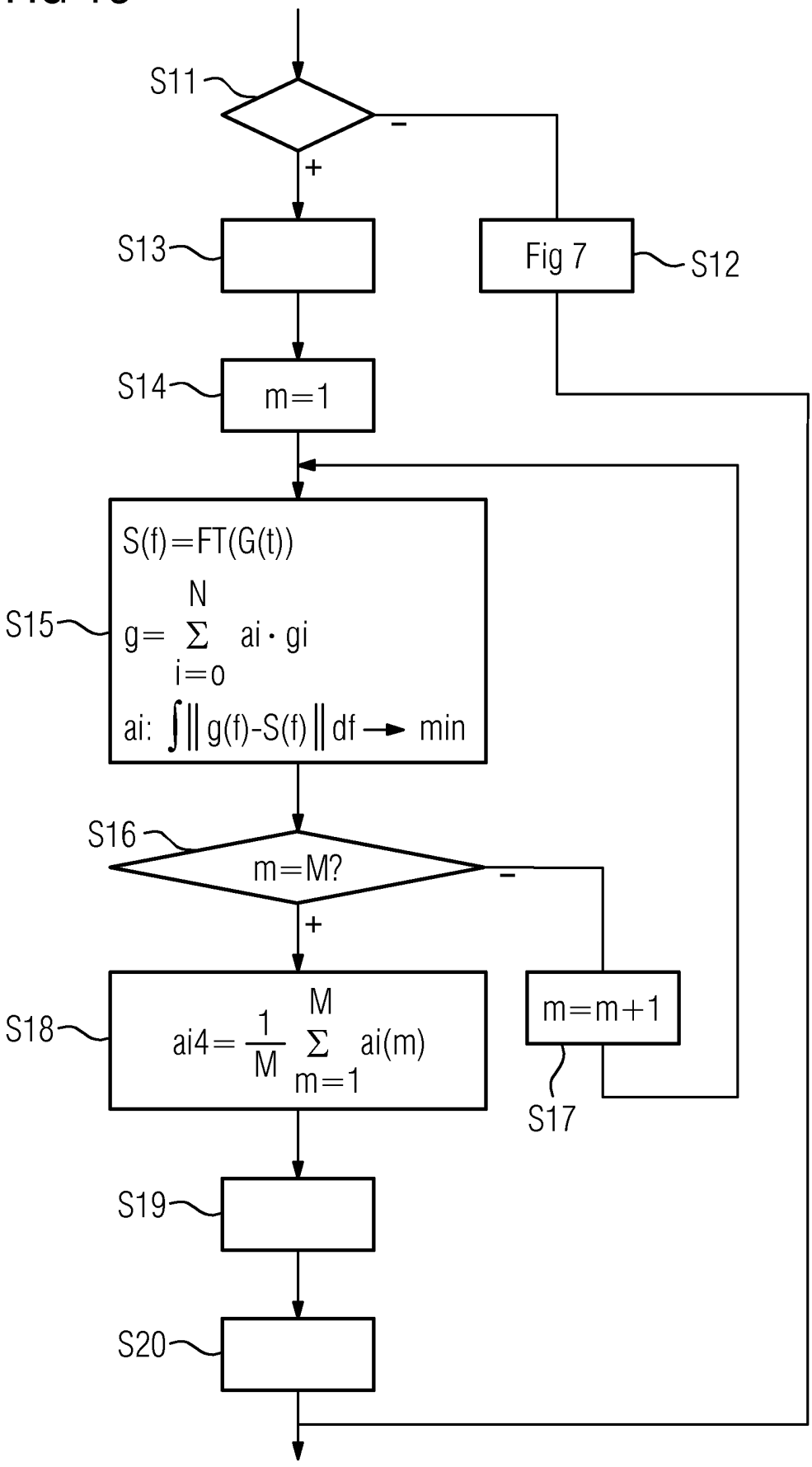

S11
+
−
S13
Fig 7
S12
S14
m=1
S15
S(f)=FT(G(t))
g= Σ ai · gi (i=0 bis N)
ai: ∫ ‖ g(f)-S(f) ‖ df → min
S16
m=M?
+
−
S18
ai4= 1/M Σ ai(m) (m=1 bis M)
m=m+1
S17
S19
S20

FIG 14

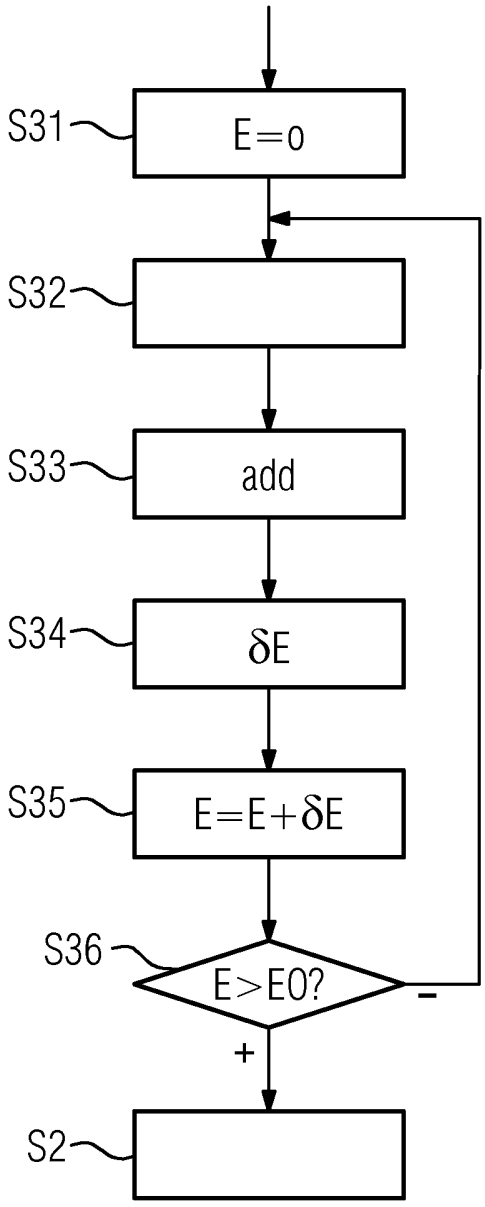


FIG 15

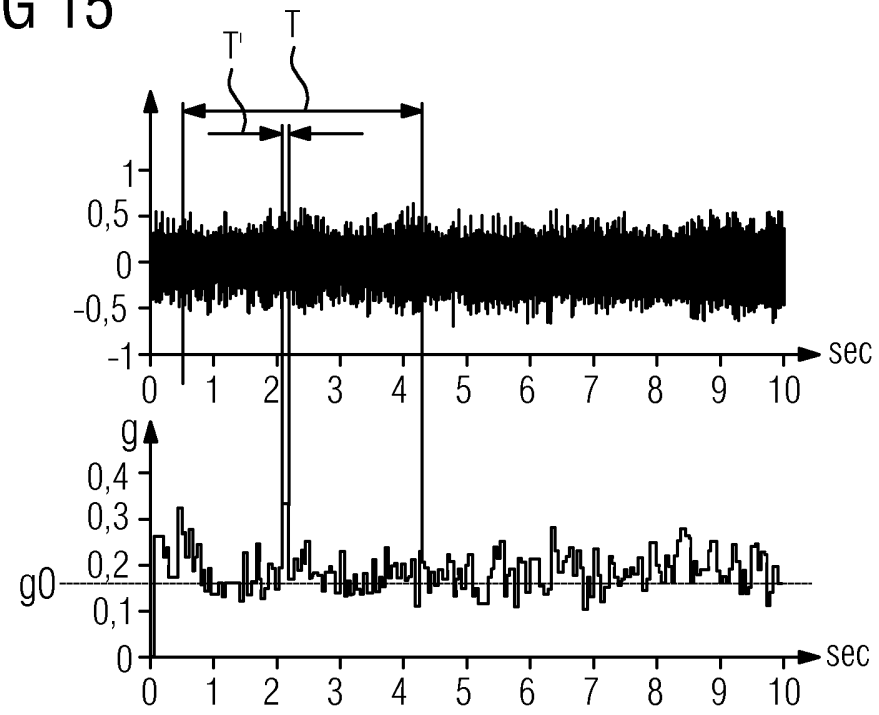

T'
T
1
0,5
0
-0,5
-1
sec
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
g
0,4
0,3
0,2
g0
0,1
0
sec
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

FIG 16

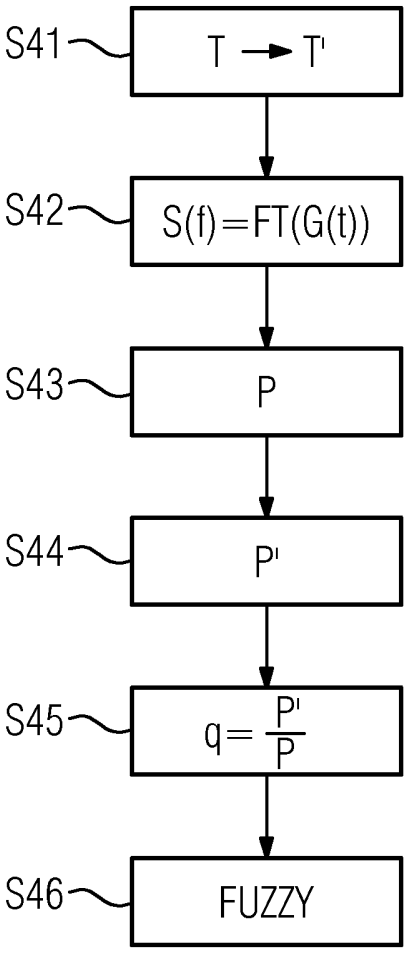
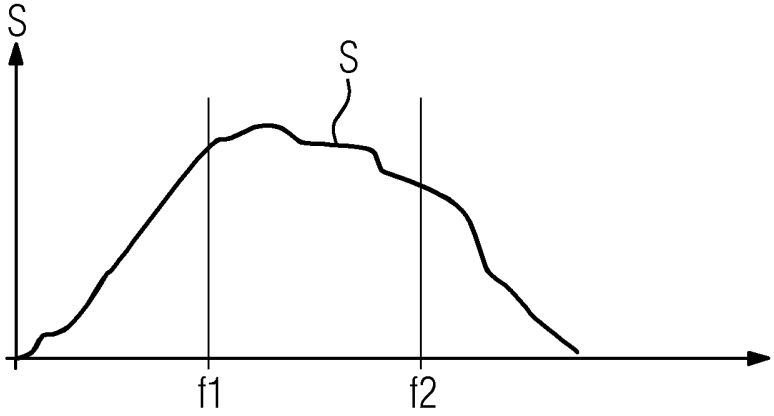


FIG 17



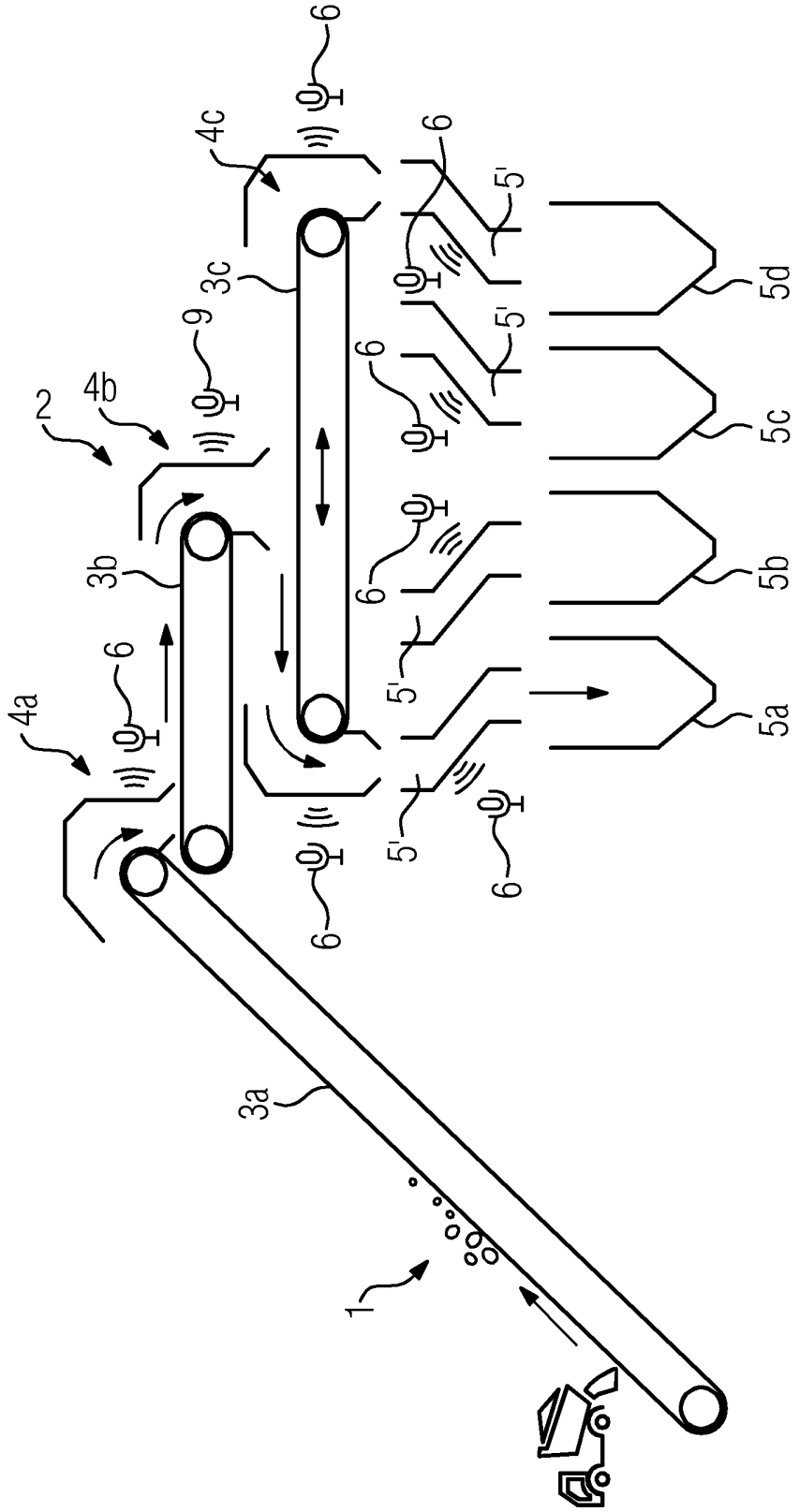


FIG 18

FIG 19

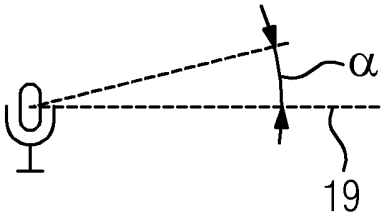
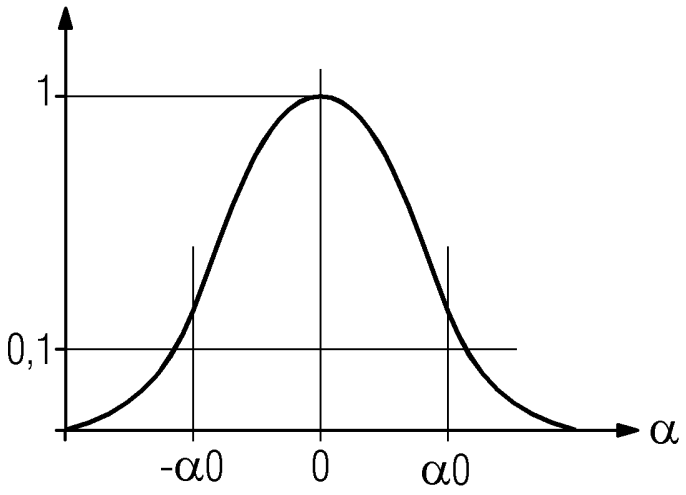


FIG 20



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
G01N 29/04 (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
G01N 29/046 (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
G01N

Konsultierte Online-Datenbank:
EPODOC, WPIAP, TXTnn

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **24.11.2015** eingereichten Ansprüchen **1-27** erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	WO 0168483 A2 (DORST CORNELIS LUDOVICUS ANTON [BE]) 20. September 2001 (20.09.2001) Fig.2, Seite 5 Zeilen 12 bis 31	1,25
A	DE 102008043886 A1 (MEYER & JOHN GMBH & CO KG [DE]) 20. Mai 2010 (20.05.2010) Fig.1, Zusammenfassung, Ansprüche	1,25
A	DE 4333459 A1 (RICHTER GEDEON VEGYESZET [HU]) 07. April 1994 (07.04.1994) Zusammenfassung, Ansprüche	1,25

Datum der Beendigung der Recherche:	Seite 1 von 1	Prüfer(in):
16.06.2016		KÖNIG Helga

*) **Kategorien** der angeführten Dokumente:

X Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.

Y Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

A Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.

P Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.

E Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**" hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).

& Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung mindestens einer Materialeigenschaft eines stückigen Materials (1),
- wobei das stückige Material (1) mittels einer Fördereinrichtung (2) derart gefördert wird, dass es eine Kontaktfläche (7a, 7b) der Fördereinrichtung (2) kontaktiert und relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) bewegt wird,
- wobei mittels mindestens eines Schallsensors (6) ein durch den Kontakt des stückigen Materials (1) mit der Kontaktfläche (7a, 7b) und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) hervorgerufenes Geräusch (G) erfasst wird,
- wobei das erfasste Geräusch (G) einer Auswertungseinrichtung (8) zugeführt wird,
- wobei die Auswertungseinrichtung (8) durch Auswerten des während eines Zeitintervalls (T) erfassten Geräuschs (G) automatisch die Materialeigenschaft ermittelt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das stückige Material (1) an einer Übergabestelle (4a, 4b) von einem ersten Förderelement (3a, 3b) der Fördereinrichtung (2) an ein zweites Förderelement (3b, 3c) der Fördereinrichtung (2) übergeben wird und dass die Kontaktfläche (7a, 7b) im Bereich der Übergabestelle (4a, 4b) angeordnet ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das erste Förderelement (3a, 3b) ortsfest angeordnet ist, so dass das stückige Material (1) dem ersten Förderelement (3a, 3b) an einer vordefinierten Zuführstelle zugeführt wird und die Übergabestelle (4a, 4b), an der das stückige Material (1) an das zweite Förderelement (3b, 3c) übergeben wird, ebenfalls ortsfest ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das zweite Förderelement (3b) ortsfest angeordnet ist, so

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

dass das stückige Material (1) von dem zweiten Förderelement (3b) an einer vordefinierten Abgabestelle abgegeben wird oder dass das zweite Förderelement (3c) beweglich ist, so dass das stückige Material (1) von dem zweiten Förderelement (3c) je nach dessen Positionierung einem von mehreren Vorratsbereichen (5a, 5b) zugeführt wird.

5. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Bewegung des Materials (1) relativ zur Kontaktfläche (7a, 7b) ein orthogonales oder schräges Aufprallen auf die Kontaktfläche (7a) oder ein Entlanggleiten entlang der Kontaktfläche (7b) ist.

6. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Schallsensor (6) eine Richtcharakteristik aufweist.

7. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das während des Zeitintervalls (T) erfasste Geräusch (G) im Rahmen der Auswertung von der Auswertungseinrichtung (8) zunächst gefiltert wird und sodann weiter verarbeitet wird.

8. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass von der Auswertungseinrichtung (8) von dem während des Zeitintervalls (T) erfassten Geräusch (G) ein Umgebungsgeräusch (GU) subtrahiert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass von der Auswertungseinrichtung (8) zum Ermitteln der Materialeigenschaft

- eine resultierende Funktion (g) als Linearkombination vorgegebener Ausgangsfunktionen (gi) ermittelt wird, wobei die Ausgangsfunktionen (gi) mit einem jeweiligen Wichtungsfaktor (ai) gewichtet in die resultierende Funktion (g) eingehen,

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

- die Wichtungsfaktoren (ai) derart ermittelt werden, dass eine Norm der Abweichung der resultierenden Funktion (g) von einem Spektrum (S) des während des Zeitintervalls (T) erfassten Geräuschs (G) als Integral über die Frequenz (f) minimal ist,
- für die jeweilige Materialeigenschaft ein jeweiliger Satz von Referenzwichtungsfaktoren (ai1, ai2, ai3) gegeben ist, durch die eine jeweilige Referenzfunktion (gR1, gR2, gR3) bestimmt ist, und
- die Materialeigenschaft anhand eines Vergleichs der resultierenden Funktion (g) mit den Referenzfunktionen (gR1, gR2, gR3) oder anhand eines Vergleichs der ermittelten Wichtungsfaktoren (ai) mit den Referenzwichtungsfaktoren (ai1, ai2, ai3) der jeweiligen Referenzfunktion (gR1, gR2, gR3) bestimmt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass von der Auswertungseinrichtung (8) zum Ermitteln der Materialeigenschaft an einer Anzahl von Stützstellen (16) die Norm der Abweichung der resultierenden Funktion (g) von der jeweiligen Referenzfunktion (gR1, gR2, gR3) ermittelt wird und dass die Anzahl an Stützstellen (16) kleiner als die Anzahl an Ausgangsfunktionen (gi) ist, die in die Linearkombination eingehen.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Ausgangsfunktionen (gi) Polynomfunktionen sind.

12. Verfahren nach Anspruch 9, 10 oder 11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Ausgangsfunktionen (gi) orthogonale Funktionen sind.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- dass das Verfahren von der Auswertungseinrichtung (8) in einem Arbeitsmodus ausgeführt wird,

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

- dass in einem Lernmodus das stückige Material (1) derart gefördert wird, dass es die Kontaktfläche (7a, 7b) kontaktiert und relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) bewegt wird, der Auswertungseinrichtung (8) die Materialeigenschaft vorgegeben wird und von der Auswertungseinrichtung (8) mehrfach
  -- mittels des mindestens einen Schallsensors (6) während eines jeweiligen Zeitintervalls (T) das durch den Kontakt des stückigen Materials (1) mit der Kontaktfläche (7a, 7b) und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) hervorgerufene Geräusch (G) erfasst wird,
  -- für das jeweilige Zeitintervall (T) eine jeweilige resultierende Funktion (g) als Linearkombination der vorgegebenen Ausgangsfunktionen (gi) ermittelt wird, wobei die Ausgangsfunktionen (gi) mit einem jeweiligen Wichtungsfaktor (ai) gewichtet in die resultierende Funktion (G) eingehen, und
  -- für das jeweilige Zeitintervall (T) die Wichtungsfaktoren (ai) derart ermittelt werden, dass eine Norm der Abweichung der jeweiligen resultierenden Funktion (g) von einem Spektrum (S) des während des jeweiligen Zeitintervalls (T) erfassten Geräuschs (G) minimal ist, und
- dass von der Auswertungseinrichtung (8) im Lernmodus anhand der Gesamtheit der für die Zeitintervalle (T) jeweils ermittelten Wichtungsfaktoren (ai) die Referenzwichtungsfaktoren (ai4) ermittelt werden und der vorgegebenen Materialeigenschaft zugeordnet werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Zeitintervall (T) im ein- oder zweistelligen Sekundenbereich liegt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Zeitintervall (T) vorbestimmt ist oder dass von der Auswertungseinrichtung (8) ab dem Beginn des Zeitintervalls (T) eine Schallenergie (E) des erfassten Geräuschs (G) ermittelt wird und das Zeitintervall (T) von der Auswertungseinrichtung (8)

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

terminiert wird, wenn die akkumulierte Schallenergie (E) einen Energiegrenzwert (E0) erreicht.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Auswertungseinrichtung (8)
- das Zeitintervall (T) in eine Mehrzahl von Teilintervallen (T') unterteilt,
- für die Teilintervalle (T') jeweils einen Anteil (q) ermittelt, zu dem die Leistung eines Leistungsspektrums (S) des während des jeweiligen Teilintervalls (T') erfassten Geräuschs (G) zwischen einer unteren Grenzfrequenz (f1) und einer oberhalb der unteren Grenzfrequenz (f1) liegenden oberen Grenzfrequenz (f2) liegt, und
- die Materialeigenschaft anhand des Anteils an Teilintervallen (T') ermittelt, bei denen der Anteil (q) der Leistung oberhalb eines vorbestimmten Schwellenwertes (q0) liegt.

17. Verfahren nach Anspruch 16,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die untere Grenzfrequenz (f1) zwischen 200 Hz und 1000 Hz liegt und/oder dass die obere Grenzfrequenz (f2) zwischen 500 Hz und 2000 Hz liegt.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Teilintervalle (T') eine Zeitdauer aufweisen, die maximal bei 1 Sekunde liegt, beispielsweise bei maximal 100 ms, insbesondere zwischen 20 ms und 80 ms, und dass das Zeitintervall (T) mit 20 bis 100 Teilintervallen (T') korrespondiert.

19. Verfahren nach Anspruch 16, 17 oder 18,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Auswertungseinrichtung (8) die Materialeigenschaft anhand des Anteils an Teilintervallen (T'), bei denen der Anteil (q) der Leistung oberhalb des vorbestimmten Schwellenwertes (q0) liegt, mittels einer Fuzzylogik (18) ermittelt.

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

20. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Auswertungseinrichtung (8) von einer Bedienperson (14) ein Auslösesignal (C) vorgegeben wird und dass das Vorgeben des Auslösesignals (C) den Beginn eines Zeitintervalls (T) bestimmt.

21. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Auswertungseinrichtung (8) auf das stückige Material (1) bezogene Daten (D) vorgegeben werden und dass die Auswertungseinrichtung (8) die Daten (D) im Rahmen der Auswertung des erfassten Geräuschs (G) berücksichtigt.

22. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Auswertungseinrichtung (8) eine die ermittelte Materialeigenschaft repräsentierende Information (I) ausgibt und/oder diese Information (I) im Sinne einer Historie abspeichert.

23. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Auswertungseinrichtung (8) die ermittelte Materialeigenschaft mit einer erwarteten Materialeigenschaft vergleicht und dass die Auswertungseinrichtung (8) im Falle einer Abweichung der ermittelten Materialeigenschaft von der erwarteten Materialeigenschaft eine Alarmmeldung (A) ausgibt.

24. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- dass mittels mehrerer Schallsensoren (6) an verschiedenen Orten jeweils ein Geräusch (G) erfasst wird,
- dass die erfassten Geräusche (G) der Auswertungseinrichtung (8) zugeführt werden,
- dass von der Auswertungseinrichtung (8) anhand der erfassten Geräusche (G) ermittelt wird, an welchem Ort durch den dort angeordneten Schallsensor (6) das durch den Kontakt des stückigen Materials (1) mit der Kontaktfläche (7a, 7b) und

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) hervorgerufene Geräusch (G) erfasst wird, und
- dass von der Auswertungseinrichtung (8) überprüft wird, ob dieser Ort mit einem erwarteten Ort übereinstimmt, und im Falle der Nichtübereinstimmung eine Alarmmeldung (A') ausgegeben wird.

25. Auswertungseinrichtung zur Bestimmung mindestens einer Materialeigenschaft eines stückigen Materials (1), aufweisend
- ein ersten Eingang zum Zuführen eines erfassten Geräusches (G),
- wobei das stückige Material (1) mittels einer Fördereinrichtung (2) derart gefördert wird, dass es eine Kontaktfläche (7a, 7b) der Fördereinrichtung (2) kontaktiert und relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) bewegt wird, und
- wobei ein mittels mindestens eines Schallsensors (6) durch den Kontakt des stückigen Materials (1) mit der Kontaktfläche (7a, 7b) und dessen Bewegung relativ zu der Kontaktfläche (7a, 7b) hervorgerufenes Geräusch (G) dem ersten Eingang der Auswertungseinrichtung zugeführt wird, und
- eine Verarbeitungseinrichtung, wobei die Verarbeitungseinrichtung der Auswertungseinrichtung durch Auswerten des während eines Zeitintervalls (T) erfassten Geräuschs (G) automatisch die Materialeigenschaft ermittelt.

26. Auswertungseinrichtung nach Anspruch 25,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Verarbeitungseinrichtung ein Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 23 implementiert.

27. Auswertungseinrichtung nach Anspruch 25 oder 26,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
- einen Filter (11) zum Filtern des Geräusches (G), wobei der Filter (11) vorzugsweise ein Hochpass, Tiefpass oder Bandpassfilter ist, und/oder
- einen Amplitudenbegrenzer zur Begrenzung der Amplitude des Geräusches (G).

28. Auswertungseinrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 27,

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h

- einen zweiten Eingang zum Zuführen eines Umgebungsgeräusches (GU), und
- einen Subtrahierer zum Subtrahieren des Umgebungsgeräusches (GU) vom Geräusch (G).

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

FIG 4

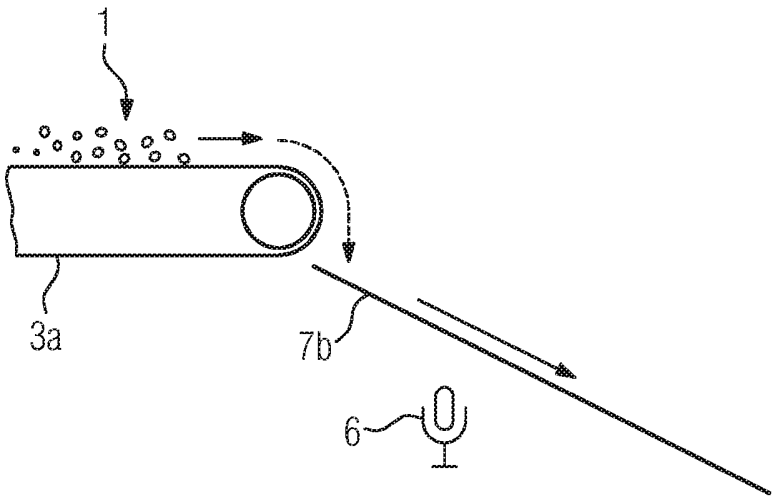
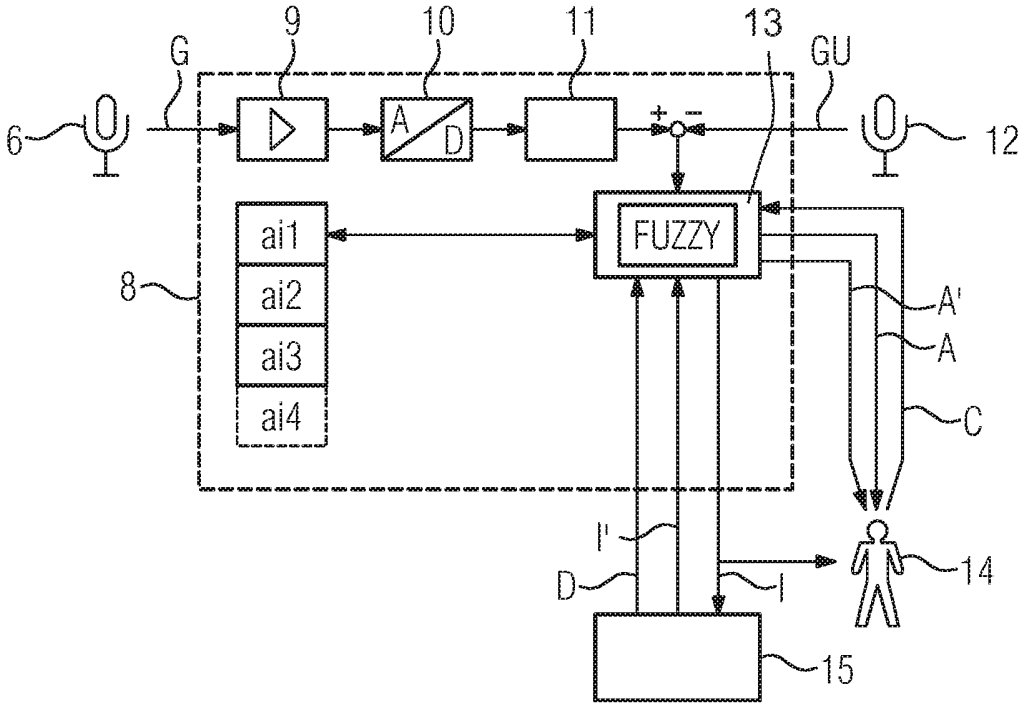


FIG 5



ZULETZT VORGELEGTE ZEICHNUNGEN