

(19)

(10)

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50420/2020
(22) Anmeldetag: 13.05.2020
(45) Veröffentlicht am: 15.05.2023

(51) Int. Cl.: **B65G 27/00** (2006.01)
B65G 27/18 (2006.01)
G05D 19/02 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DD 281668 A5
DE 4326530 A1
DE 10046464 A1

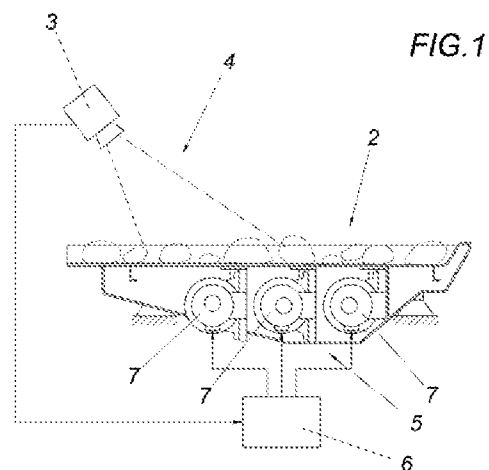
(73) Patentinhaber:
Rubble Master HMH GmbH
4030 Linz (AT)

(72) Erfinder:
Hinterdorfer Christian
4293 Gutau (AT)
Hinterreiter Christian BSc
4593 Obergrünburg (AT)

(74) Vertreter:
Hübscher & Partner Patentanwälte GmbH
4020 Linz (AT)

(54) Verfahren zur Regelung eines Schwingförderers

(57) Es wird ein Verfahren zur Regelung eines Schwingförderers (1) für einen Brecher, wobei der Antrieb (5) des Schwingförderers in Abhängigkeit einer erfassten Regelgröße so geregelt wird, dass das in vorgegebenen Intervallen von einem Volumensensor (3) erfasste Volumen des in einem Erfassungsbereich (4) liegenden Schüttguts (2) als Regelgröße einem Vorgabewert entspricht, beschrieben. Damit eine gleichmäßige Beschickung eines Brechers auch mit Schüttgut (2) stark unterschiedlicher Korngrößenverteilung ermöglicht wird, wird vorgeschlagen, dass bei Überschreiten eines sich aufgrund des größten Durchmessers $d_{\max}$ und seiner Richtung (9) ergebenden effektiven Durchmessers d_{eff} quer zur Förderrichtung (8) eines Kornes im Erfassungsbereich (4) über einen vorgegebenen Abschaltgrenzwert der Antrieb (5) des Schwingförderers abgeschaltet und/oder bei Überschreiten des effektiven Durchmessers d_{eff} quer zur Förderrichtung (8) eines Kornes im Erfassungsbereich (4) über einen vorgegebenen Leistungsschwellwert die Leistung des Brechwerkzeugs erhöht wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Regelung eines Schwingförderers für einen Brecher, wobei der Antrieb des Schwingförderers in Abhängigkeit einer erfassten Regelgröße so geregelt wird, dass das in vorgegebenen Intervallen von einem Volumensensor erfasste Volumen des in einem Erfassungsbereich liegenden Schüttguts als Regelgröße einem Vorgabewert entspricht.

[0002] Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, Schwingförderer zum Beschicken von Brechern einzusetzen. Hierzu wird chargenweise Schüttgut, beispielsweise durch einen Bagger, auf den Schwingförderer aufgegeben. Um den Brecher möglichst gleichmäßig mit dem in Chargen aufgegebenen Schüttgut zu beschicken, ist es aus der DE19741524A1 bekannt, den Antrieb in Abhängigkeit der Schwingungsamplitude des Schwingförderers zu regeln. Hierzu wird ein optischer Sensor eingesetzt, der die Schwingungsamplitude in vorgegebenen Intervallen erfasst. Die Abweichung zwischen der Schwingungsamplitude in einem vorgegebenen Intervall und einem vorgegebenen Sollwert wird festgestellt, woraufhin der Antrieb des Schwingförderers zur Minimierung der Abweichung angesteuert wird. Vor allem zu zerkleinerndes Schüttgut hat eine äußerst inhomogene Korngrößenverteilung, sodass es beim Beschicken eines Brechers mithilfe der aus dem Stand der Technik bekannten Regelung zu einer Überlastung des Brechers kommen kann, wenn in der Charge eine Vielzahl besonders großer Schüttgutkörner vorkommt. Im Gegensatz dazu kann die Kapazität des Brechers nicht vollständig genutzt werden, wenn in der Charge hauptsächlich feinkörniges Schüttgut vorkommt.

[0003] Aus DE4326530A1 ist ein Schwingförderer bekannt, der so geregelt wird, dass das in vorgegebenen Intervallen von einem Volumensensor erfasste Volumen des in einem Erfassungsbereich liegenden Schüttguts als Regelgröße einem Vorgabewert entspricht. Nachteilig daran ist allerdings, dass große Körner zu einem Blockieren des Brechers führen können, sodass es trotz volumenkonstanter Förderung zu einer Verzögerung der Zerkleinerung kommt.

[0004] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs geschilderten Art dahingehend zu verbessern, dass eine gleichmäßige Beschickung eines Brechers auch mit Schüttgut stark unterschiedlicher Korngrößenverteilung ermöglicht wird.

[0005] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass bei Überschreiten eines sich aufgrund des größten Durchmessers $d_{\max}$ und seiner Richtung ergebenden effektiven Durchmessers d_{eff} quer zur Förderrichtung eines Kornes im Erfassungsbereich über einen vorgegebenen Abschaltgrenzwert der Antrieb des Schwingförderers abgeschaltet und/oder bei Überschreiten des effektiven Durchmessers d_{eff} quer zur Förderrichtung eines Kornes im Erfassungsbereich über einen vorgegebenen Leistungsschwellwert die Leistung des Brechwerkzeugs erhöht wird. Zuzufolge dieser Maßnahme wird nicht die Schwingungsamplitude des Schwingförderers, sondern der Volumenstrom selbst konstant gehalten, wodurch eine gleichmäßige Beschickung des Brechers unabhängig von der Korngrößenverteilung des Schüttguts ermöglicht wird. Hierzu wird in regelmäßigen Intervallen das Volumen des in einem Erfassungsbereich eines Volumensensors angeordneten Schüttguts als Regelgröße bestimmt und mit einem Vorgabewert, beispielsweise einem Nennvolumeneingangstrom des Brechers verglichen. Liegt das vom Volumensensor erfasste Volumen pro Intervall unter dem Vorgabewert, so kann der Antrieb zur Erhöhung der Schwingungsamplitude und/oder zur Erhöhung der Schwingungsfrequenz angesteuert werden bis der Vorgabewert erreicht wird. Bei einer Überschreitung des Vorgabewertes kann der Antrieb zur Erniedrigung der Schwingungsamplitude und/oder der Schwingungsfrequenz bis zur Unterschreitung des Vorgabewertes angesteuert werden. In einer bevorzugten Ausführungsform kann die Regelung auch so erfolgen, dass das erfasste Volumen in einem vorgegebenen Bereich als Vorgabewert liegt. Als Volumensensor kann eine Stereokamera vorgesehen sein, die das Volumen mithilfe gängiger Bildverarbeitungsverfahren bestimmen kann. Als Antrieb für den Schwingförderer sind üblicherweise Unwuchtmotoren vorgesehen.

[0006] Beim Fördern von besonders grobem Schüttgut können regelmäßig Körner auftreten, deren größter Durchmesser den Brechereinlauf des Brechers überschreitet. Um daher eine Blockie-

rung des Brechers zu verhindern, ohne den Förder- bzw. Zerkleinerungsprozess stoppen zu müssen, wird vorgeschlagen, dass ein effektiver Durchmesser d_{eff} quer zur Förderrichtung eines Kornes des Schüttguts bestimmt wird und wenigstens zwei Stellglieder des Antriebs so angesteuert werden, dass der effektive Durchmesser d_{eff} quer zur Förderrichtung verkleinert wird. Zur Verlagerung der Schüttgutkörner können die Stellglieder, beispielsweise Unwuchtmotoren, andere Vibrationserreger oder -dämpfer zur Beeinflussung ihrer Schwingungsamplitude und Schwingungsfrequenz unabhängig voneinander angesteuert werden, sodass durch einen asymmetrischen Schwingungseintrag eine Ausrichtung des Schüttgutkorns, im Folgenden auch Korn genannt, ermöglicht wird. Die Verkleinerung des effektiven Durchmessers d_{eff} , der sich beispielsweise aufgrund des größten Durchmessers d_{max} und seiner Richtung ergibt, kann durch eine Ausrichtung des größten Durchmessers d_{max} in Förderrichtung erfolgen. Die Richtung des größten Durchmessers muss dabei nicht exakt mit der Förderrichtung übereinstimmen, sondern kann beispielsweise innerhalb eines Toleranzwinkels liegen. Der effektive Durchmesser d_{eff} kann aber auch der Ausdehnung eines Hüllkörpers um das jeweilige Korn quer zur Förderrichtung entsprechen. Eine Ausrichtung kann durch Erhöhung der Antriebsleistung erfolgen, wenn der Querschnitt der Förderrinne des Schwingförderers so ausgebildet ist, dass die Schüttgutkörner in einem energetischen Minimum mit ihrem größten Durchmesser in Förderrichtung ausgerichtet sind. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn die Förderrinne im Querschnitt V-förmig ausgebildet ist. Sind am Schwingförderer mehrere Körner, deren effektiver Durchmesser den Brechereinlauf des Brechers überschreitet, so können die Stellglieder zur Ausrichtung des dem Brechereinlauf nächstgelegenen Kornes angesteuert werden. Es muss wohl nicht weiter erwähnt werden, dass der Brechereinlauf des Brechers so ausgerichtet sein muss, dass die Brechereinlaufsachse parallel zur Förderrichtung angeordnet ist, sodass eine erfindungsgemäße Ausrichtung des Schüttgutkorns ein Passieren des Brechereinlaufs ermöglicht.

[0007] Um die Ausrichtung der Schüttgutkörner besonders energieeffizient durchführen zu können, können bei Überschreiten des effektiven Durchmessers d_{eff} quer zur Förderrichtung eines Kornes im Erfassungsbereich über einen vorgegebenen Ausrichtungsgrenzwert die wenigstens zwei Stellglieder des Antriebs zur Verkleinerung des effektiven Durchmessers d_{eff} der Körner angesteuert werden. Dies bedeutet, dass die Ausrichtung nur auf solche Schüttgutkörner angewendet wird, die auch tatsächlich zu einer Blockierung des Brechereinlaufs führen können. Dies kann dadurch ermittelt werden, dass ein effektiver Durchmesser des Schüttgutkornes mit einem Ausrichtungsgrenzwert verglichen wird, sodass die Ausrichtung erst bei Überschreitung dieses Ausrichtungsgrenzwertes erfolgt.

[0008] Damit ein Schaden am Brecher durch Schüttgutkörner, die trotz einer gezielten Ausrichtung den Brechereinlauf blockieren würden, verhindert werden kann, empfiehlt es sich in einer besonders bevorzugten Ausgestaltungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, dass bei Überschreiten des sich aufgrund des größten Durchmessers und seiner Richtung ergebenden effektiven Durchmessers quer zur Förderrichtung eines Schüttgutkornes im Erfassungsbereich über einen vorgegebenen Abschaltgrenzwert der Antrieb abgeschaltet wird. Dadurch wird das Fördern des Schüttguts unterbrochen, noch bevor dieses zum Brecher gelangt. In einer besonders sicheren Ausgestaltungsform des Verfahrens kann auch der Brecher selbst abgeschaltet werden. Der Abschaltgrenzwert kann in Abhängigkeit der Dimensionen, beispielsweise des kleinsten Abstands, des Brechereinlaufs gewählt werden.

[0009] Vor allem Schüttgutkörner, deren effektiver Durchmesser nur knapp unterhalb des Abschaltgrenzwertes liegt, können zu einer verminderten Endproduktkornqualität führen. Um daher auch für solche Schüttgutkörner eine vorgegebene Produktkorngröße zu erreichen, kann bei Überschreiten des sich aufgrund des größten Durchmessers und seiner Richtung ergebenden effektiven Durchmessers quer zur Förderrichtung eines Schüttgutkornes im Erfassungsbereich über einen vorgegebenen Leistungsschwellwert die Leistung des Brechwerkzeugs erhöht werden. Durch die damit einhergehende Erhöhung der Prallenergie kann eine Motordrückung, also eine unerwünschte Erniedrigung der Drehzahl des Brecherrotors verhindert werden, sodass die Zerkleinerungsqualität nicht beeinträchtigt wird. Der Leistungsschwellwert kann wiederum ein festgelegter Korndurchmesser sein, der unterhalb des Abschaltgrenzwerts liegt.

[0010] Der Volumensensor kann ein optischer Sensor sein, der ein Abbild des in seinem Erfassungsbereich angeordneten Schüttguts an eine Auswerteeinheit, beispielsweise einen Bildschirm, übermittelt. Im Abbild können dabei die den Ausrichtungsgrenzwert, den Abschaltgrenzwert und den Leistungsschwellwert überschreitende Schüttgutkörner markiert werden.

[0011] Bei gängigen Volumensensoren kann vor allem bei großen Schwingungsamplituden und Fördergeschwindigkeiten des Schüttguts das Problem einer ungenauen Erfassung des Volumens des Schüttguts auftreten. Um daher trotz der für einen Schwingförderer typischen schwierigen optischen Messbedingungen eine valide Bestimmung des Volumens des Schüttguts erzielen zu können, wird vorgeschlagen, dass der Volumensensor einen Tiefensensor umfasst, der ein zweidimensionales Tiefenbild von an dem Tiefensensor vorbeigeförderten Schüttgut erzeugt und einem vorab trainierten, faltenden neuronalen Netzwerk zugeführt wird, das wenigstens drei hintereinanderliegende Faltungsebenen, sogenannte convolution layer und einen nachgelagerten Volumenklassifizierer, beispielsweise ein sogenannter fully connected layer, aufweist, dessen Ausgangswert als das im Erfassungsbereich vorhandene Schüttgutvolumen des Volumensensors ausgegeben wird. Zuzufolge dieser Maßnahmen kann das Volumen des Schüttguts auch bei variierenden Lichtverhältnissen und Förderbedingungen bestimmt werden. Dabei liegt die Überlegung zugrunde, dass bei der Verwendung von zweidimensionalen Tiefenbildern die zur Volumenbestimmung notwendige Information aus den Tiefeninformationen extrahiert werden kann, nachdem ein hierfür eingesetztes neuronales Netzwerk mit Trainingstiefenbildern mit bekanntem Schüttgutvolumen trainiert wurde. Die Faltungsebenen reduzieren dabei die Eingangstiefenbilder zu einer Reihe von Einzelmerkmalen, die wiederum vom nachgelagerten Volumenklassifizierer bewertet werden, sodass im Ergebnis das Gesamtvolumen des im Eingangstiefenbild abgebildeten Schüttguts ermittelt werden kann. Die Anzahl der vorgesehenen Faltungsebenen, die jeweils von einer Poolingebene zur Informationsreduktion gefolgt sein können, kann je nach verfügbarer Rechenleistung bei wenigstens drei, vorzugsweise bei fünf, liegen. Zwischen den Faltungsebenen und dem nachgelagerten Volumenklassifizierer kann in bekannter Weise eine Ebene zur Dimensionsreduktion, ein sogenannter flattening layer, vorgesehen sein. Das Volumen muss daher nicht mehr für jedes einzelne Korn berechnet werden. Da im Tiefenbild je Bildpunkt der Abstand des abgebildeten Schüttguts zum Tiefensensor mit nur einem Wert abgebildet wird, kann im Gegensatz zur Verarbeitung von Farbbildern die zu verarbeitende Datenmenge reduziert, das Messverfahren beschleunigt und der für das neuronale Netzwerk erforderliche Speicherbedarf verringert werden. Dadurch kann das neuronale Netzwerk auf günstigen KI-Parallelrecheneinheiten mit GPU-Unterstützung implementiert und das Verfahren unabhängig von der Farbe des Schüttgutes eingesetzt werden. Auch kann das Schüttgutvolumen durch die Beschleunigung des Messverfahrens selbst bei Fördergeschwindigkeiten von 3m/s, bevorzugter Weise 4m/s, bestimmt werden. Die genannte Reduktion der Datenmenge im Tiefenbild und damit im neuronalen Netzwerk senkt zusätzlich die Fehleranfälligkeit für die korrekte Bestimmung des Schüttgutvolumens. Die Verwendung von Tiefenbildern hat im Gegensatz zu Farb- oder Graustufenbildern den zusätzlichen Vorteil, dass das Messverfahren weitgehend unabhängig von sich ändernden Belichtungsbedingungen ist. Als neuronales Netzwerk kann beispielsweise ein üblicherweise nur für Farbbilder verwendetes vgg16 Netzwerk (Simonyan / Zisserman, Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition, 2015) zum Einsatz kommen, das lediglich auf einen Kanal, nämlich für die Werte der Tiefenbildpunkte, reduziert ist. Das Tiefenbild kann beispielsweise mit einer 3D-Kamera erfasst werden, da diese aufgrund des geringeren Platzbedarfes auch bei geringem Raumangebot oberhalb eines Schwingförderers angeordnet werden kann. Um Schwankungen bei der Erfassung des Volumens auszugleichen und fehlerhafte Ausgabewerte des neuronalen Netzwerkes zu kompensieren, können darüber hinaus mehrere aufeinanderfolgende Ausgangswerte gemittelt und der Mittelwert als das im Erfassungsbereich vorhandene Schüttgutvolumen ausgegeben werden.

[0012] Das Trainieren des neuronalen Netzwerkes wird erschwert und die Messgenauigkeit nimmt im laufenden Betrieb ab, wenn schüttgutfremde Elemente im Erfassungsbereich des Tiefensensors liegen. Dazu zählen beispielsweise vibrierende Bauteile des Schwingförderers selbst, oder aber andere Maschinenelemente. Zur Vermeidung der daraus entstehenden Störungen wird vorgeschlagen, dass aus dem Tiefenbild die Werte jener Bildpunkte entfernt werden, deren Tiefe

einem vorab erfassten Abstand zwischen Tiefensensor und einem Hintergrund für diesen Bildpunkt entspricht oder diesen Abstand überschreitet. Dadurch können störende Bildinformationen, hervorgerufen beispielsweise durch Vibrationen der Unwuchtmotoren, entfernt und sowohl die Tiefenbilder als auch die Trainingstiefenbilder auf die für die Vermessung relevanten Informationen beschränkt werden.

[0013] Das Schüttgutvolumen reicht allerdings für sich alleine nicht aus, um Prozessparameter, wie sie insbesondere bei der Verwendung in Brechern erforderlich sind, zu ermitteln. Daher wird vorgeschlagen, dass den Faltungsebenen je Klasse einer Korngrößenverteilung ein Mengenklassifizierer nachgelagert ist und die Ausgangswerte dieser Mengenklassifizierer als Korngrößenverteilung ausgegeben werden. Die Information der ermittelten Korngrößenverteilung kann wiederum zur Regelung des Antriebs des Schwingförderers und damit zum Konstanthalten des Volumenstroms des Schüttguts herangezogen werden. Die Korngrößenverteilung ist dabei ein Histogramm, das entweder mit absoluten Mengenwerten oder aber mit auf das Schüttgutvolumen bezogenen relativen Mengenwerten gebildet werden kann und liefert damit wichtige Rückschlüsse, beispielsweise auf den Brechspalt, etwaige Störungen oder andere Prozessparameter eines Brechers. Somit kann durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen die herkömmlicherweise nur sehr aufwändig bestimmbare Siebkurve von Brechern mit hohen Geschwindigkeiten automatisiert erfasst werden, da keine Parameter für einzelne Körner erfasst und daraus relevante Größen berechnet werden müssen. Die Bestimmung der Korngrößenverteilung direkt aus dem Tiefenbild verringert dadurch auch die Fehleranfälligkeit beim Bestimmen der Korngrößenverteilung. Um Schwankungen bei der Erfassung der Korngrößenverteilung auszugleichen und fehlerhafte Ausgabewerte des neuronalen Netzwerkes zu kompensieren, können darüber hinaus mehrere aufeinanderfolgende Ausgangswerte gemittelt und der Mittelwert als Korngrößenverteilung des im Erfassungsbereich vorhandenen Schüttguts ausgegeben werden.

[0014] Das Training des neuronalen Netzwerkes erfordert große Mengen an Trainingstiefenbildern, die das zu erfassende Schüttgut möglichst exakt repräsentieren. Der Arbeitsaufwand um die notwendige Menge an Schüttgut zu vermessen ist allerdings extrem hoch. Um dem neuronalen Netz dennoch ausreichende Trainingstiefenbilder zur Verfügung zu stellen, um das Schüttgutvolumen zu bestimmen, wird vorgeschlagen, dass zunächst Beispieltiefenbilder je eines Beispielkornes mit bekanntem Volumen erfasst und gemeinsam mit dem Volumen abgespeichert werden, wonach mehrere Beispieltiefenbilder zufällig zu einem Trainingstiefenbild zusammengesetzt werden, dem als Schüttgutvolumen die Summe der Volumina der zusammengesetzten Beispieltiefenbilder zugeordnet wird, wonach das Trainingstiefenbild eingangsseitig und das zugeordnete Schüttgutvolumen ausgangsseitig dem neuronalen Netzwerk zugeführt und die Gewichte der einzelnen Netzwerkknoten in einem Lernschritt angepasst werden. Der Trainingsmethode liegt also die Überlegung zugrunde, dass durch die Kombination von Beispieltiefenbildern vermessener Beispielkörner mannigfaltige Kombinationen an Trainingstiefenbildern erstellt werden können. Es genügt also, Beispieltiefenbilder verhältnismäßig weniger Beispielkörner mit ihrem Volumen zu erfassen, um eine große Anzahl an Trainingstiefenbildern zu generieren, mit denen das neuronale Netzwerk trainiert werden kann. Zum Training des neuronalen Netzwerkes werden in den einzelnen Trainingsschritten in bekannter Weise die Gewichte zwischen den einzelnen Netzwerkknoten so angepasst, dass der tatsächliche Ausgabewert dem vorgegebenen Ausgabewert am Ende des neuronalen Netzwerkes ehestmöglich entspricht. Dabei können an den Netzwerkknoten unterschiedliche Aktivierungsfunktionen vorgegeben werden, die dafür maßgeblich sind, ob ein am Netzwerkknoten anliegender Summenwert an die nächste Ebene des neuronalen Netzwerkes weitergegeben wird. Analog zum Volumen können den Beispieltiefenbildern auch andere Parameter, wie beispielsweise die Korngrößenverteilung der im Beispieltiefenbild abgebildeten Körner zugewiesen werden. Auch kann für jedes Trainingstiefenbild, die sich aus den Körnern der Beispieltiefenbilder ergebende Korngrößenverteilung zugewiesen werden. Zur Tiefenbildverarbeitung wird auch hier vorgeschlagen, dass aus dem Tiefenbild die Werte jener Bildpunkte entfernt werden, deren Tiefe einem vorab erfassten Abstand zwischen Tiefensensor und dem Hintergrund, beispielsweise der Förderrinne des Schwingförderers, für diesen Bildpunkt entspricht oder diesen Abstand überschreitet. Dadurch weisen die Trainingstiefenbilder und die Tiefenbilder des gemessenen Schüttguts nur die für die Vermessung relevanten Informationen auf,

wodurch ein stabileres Trainingsverhalten erreicht und die Erkennungsrate bei der Anwendung erhöht wird. Über die Auswahl der Beispiel- bzw. der aus ihnen zusammengesetzten Trainingstiefenbilder kann das neuronale Netz auf beliebige Arten von Schüttgut trainiert werden.

[0015] Um das Trainingsverhalten und die Erkennungsrate weiter zu verbessern, wird vorgeschlagen, dass die Beispieltiefenbilder mit zufälliger Ausrichtung zu einem Trainingstiefenbild zusammengesetzt werden. Dadurch wird bei gegebener Anzahl an Körnern pro Beispieltiefenbild die Anzahl an möglichen Anordnungen der Körner deutlich erhöht, ohne dass mehr Beispieltiefenbilder generiert werden müssen und eine Überanpassung des neuronalen Netzwerks wird vermieden.

[0016] Eine Vereinzelung der Körner des Schüttguts kann entfallen und größere Schüttgutvolumina können bei gleichbleibender Fördergeschwindigkeit des Förderbandes bestimmt werden, wenn die Beispieltiefenbilder mit teilweisen Überlappungen zu einem Trainingstiefenbild zusammengesetzt werden, wobei der Tiefenwert des Trainingstiefenbilds im Überlappungsbereich der geringsten Tiefe beider Beispieltiefenbilder entspricht. Um realistische Schüttgutverteilungen zu erfassen, müssen die Fälle berücksichtigt werden, in denen zwei Körner aufeinander zu liegen kommen. Das neuronale Netzwerk kann dahingehend trainiert werden, dass es solche Überlappungen erkennt, und das Volumen der Beispielkörner trotzdem ermitteln kann.

[0017] In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand beispielsweise dargestellt. Es zeigen

[0018] Fig. 1 eine schematische Seitenansicht eines Schwingförderers zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und

[0019] Fig. 2 eine Draufsicht auf einen solchen Schwingförderer in größerem Maßstab.

[0020] Ein erfindungsgemäßes Verfahren kann für die Regelung eines in der Fig. 1 dargestellten Schwingförderers 1 eingesetzt werden. Schwingförderer 1 werden beispielsweise zum Beschieken von Brechern mit Schüttgut 2 eingesetzt. Um eine konstante Beschickung des Brechers auch bei inhomogenem Schüttgut 2, also bei Schüttgut 2 mit stark unterschiedlicher Korngrößenverteilung, zu ermöglichen, wird das von einem Volumensensor 3 erfasste Volumen des in einem Erfassungsbereich 4 des Volumensensors 3 liegenden Schüttguts 2 als Regelgröße für einen Antrieb 5 herangezogen. Hierzu kann der Volumensensor 3 über eine Steuereinrichtung 6 mit dem Antrieb 5 verbunden sein. Der Antrieb 5 wird dabei durch Anpassung der Schwingungsamplitude und/oder der Schwingungsfrequenz so angesteuert, dass die Regelgröße einem Vorgabewert entspricht. Ein solcher Vorgabewert kann beispielsweise ein Bereich eines Nennvolumeneingangsstroms sein, auf den ein zu beschickender Brecher ausgelegt ist.

[0021] Wie der Fig. 2 zu entnehmen ist, kann durch eine gezielte Ansteuerung des Antriebs 5 eine Ausrichtung der Körner des Schüttguts 2 vorgenommen werden. Hierzu kann der Antrieb 5 mehrere Unwuchtmotoren 7 als Antriebe umfassen, die über Stellglieder unabhängig voneinander hinsichtlich ihrer Schwingungsamplitude und Schwingungsfrequenz angesteuert werden können. Dadurch kann ein asymmetrischer Schwingungseintrag erzeugt werden, wodurch beispielsweise besonders lange Schüttgutkörner so ausgerichtet werden können, dass deren größter Durchmesser $d_{\max}$ in Förderrichtung 8 verlagert und damit deren effektiver Durchmesser d_{eff} , der sich aufgrund des größten Durchmessers $d_{\max}$ und seiner Richtung 9 ergibt, verkleinert wird. Dadurch kann eine Blockierung des Brechers durch besonders langes Schüttgut 2 verhindert werden.

[0022] Damit nur Schüttgut 2 verlagert wird, das auch tatsächlich eine Blockade des Brechers verursachen kann, kann der sich aufgrund des größten Durchmessers $d_{\max}$ und seiner Richtung 9 ergebender effektiver Durchmesser d_{eff} mit einem Ausrichtungsgrenzwert verglichen werden. Nur bei Überschreitung des Ausrichtungsgrenzwertes wird eine Verlagerung des Schüttguts 2 durch eine entsprechende Ansteuerung der Stellglieder der Unwuchtmotoren 7 veranlasst.

[0023] Fig. 2 zeigt auch ein Schüttgutkorn 9, das aufgrund dessen Ausbildung auch nach einer entsprechenden Ausrichtung des größten Durchmessers $d_{\max}$ zu einer Blockierung des Brechers führen würde. Damit ein Schaden des Brechers, verursacht von einem besonders groben Schütt-

gutkorn 10, verhindert werden kann, wird vorgeschlagen, dass die Steuereinrichtung 6 bei Überschreiten des sich aufgrund des größten Durchmessers $d_{\max}$ und seiner Richtung 9 ergebenden effektiven Durchmessers d_{eff} über einen Abschaltgrenzwert den Antrieb 5 abschaltet.

[0024] Liegt der effektive Durchmesser d_{eff} knapp unterhalb des Abschaltgrenzwertes kann eine Erhöhung der Brechwerkzeugleistung genügen. Hierzu kann das Brechwerkzeug von der Steuereinrichtung 6 angesteuert werden, wenn der effektive Durchmesser d_{eff} einen Leistungsschwellwert überschreitet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung eines Schwingförderers (1) für einen Brecher, wobei der Antrieb (5) des Schwingförderers in Abhängigkeit einer erfassten Regelgröße so geregelt wird, dass das in vorgegebenen Intervallen von einem Volumensensor (3) erfasste Volumen des in einem Erfassungsbereich (4) liegenden Schüttguts (2) als Regelgröße einem Vorgabewert entspricht, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Überschreiten eines sich aufgrund des größten Durchmessers $d_{\max}$ und seiner Richtung (9) ergebenden effektiven Durchmessers d_{eff} quer zur Förderrichtung (8) eines Kornes im Erfassungsbereich (4) über einen vorgegebenen Abschaltgrenzwert der Antrieb (5) des Schwingförderers abgeschaltet und/oder bei Überschreiten des effektiven Durchmessers d_{eff} quer zur Förderrichtung (8) eines Kornes im Erfassungsbereich (4) über einen vorgegebenen Leistungsschwellwert die Leistung des Brechwerkzeugs erhöht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein effektiver Durchmesser d_{eff} quer zur Förderrichtung (8) eines Kornes des Schüttguts (2) bestimmt wird und wenigstens zwei Stellglieder des Antriebs (5) so angesteuert werden, dass der effektive Durchmesser d_{eff} quer zur Förderrichtung (8) verkleinert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Überschreiten des effektiven Durchmessers d_{eff} quer zur Förderrichtung (8) eines Kornes im Erfassungsbereich (4) über einen vorgegebenen Ausrichtungsgrenzwert die wenigstens zwei Stellglieder des Antriebs (5) zur Verkleinerung des effektiven Durchmessers d_{eff} der Körner angesteuert werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Volumensensor (3) einen Tiefensensor umfasst, der ein zweidimensionales Tiefenbild von an dem Tiefensensor vorbeigefördertem Schüttgut (2) erzeugt und einem vorab trainierten, faltenden neuronalen Netzwerk zugeführt wird, das wenigstens drei hintereinanderliegende Faltungsebenen und einen nachgelagerten Volumenklassifizierer aufweist, dessen Ausgangswert als das im Erfassungsbereich (4) vorhandene Schüttgutvolumen des Volumensensors (3) ausgegeben wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Trainieren des neuronalen Netzwerks zunächst Beispieltiefenbilder je eines Beispielkornes mit bekanntem Volumen erfasst und gemeinsam mit dem Volumen abgespeichert werden, wonach mehrere Beispieltiefenbilder zufällig zu einem Trainingstiefenbild zusammengesetzt werden, dem als Schüttgutvolumen die Summe der Volumina der zusammengesetzten Beispieltiefenbilder zugeordnet wird, wonach das Trainingstiefenbild eingangsseitig und das zugeordnete Schüttgutvolumen ausgangsseitig dem neuronalen Netzwerk zugeführt und die Gewichte der einzelnen Netzwerkknoten in einem Lernschritt angepasst werden.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

