



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 412 398 B1**

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der Patentschrift: **21.09.94**

Int. Cl.⁵: **E02F 3/18**, E02F 3/84,
E02F 9/20, E02F 9/26

Anmeldenummer: **90114611.8**

Anmeldetag: **30.07.90**

Fördervolumenmessung aus der Schnittkontur eines Schaufelradbaggers oder anderen Tagebaugeräts.

Priorität: **08.08.89 DE 3926223**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.02.91 Patentblatt 91/07

Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
21.09.94 Patentblatt 94/38

Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

Entgegenhaltungen:
WO-A-89/11630
DE-A- 3 511 611
GB-A- 1 436 740

Patentinhaber: **SIEMENS AKTIENGESELL-
SCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
D-80333 München (DE)

Patentinhaber: **Rheinbraun Aktiengesellschaft**
Postfach 41 08 40,
Lindenthal,
Stüttgenweg 2
D-50868 Köln (DE)

Patentinhaber: **IBEO INGENIEURBÜRO FÜR
ELEKTRONIK UND OPTIK J. HIPPE + G. BRÖ-
HAN**
Fahrenkrön 121
D-22179 Hamburg (DE)

Erfinder: **Heimes, Edmund**
Kellergasse 20
D-8521 Möhrenhof (DE)
Erfinder: **Nüsslin, Hans-Jörg**
Falkenstrasse 70
D-8520 Erlangen (DE)
Erfinder: **Hippe, Johann**
Fahrenkrön 125
D-2000 Hamburg 71 (DE)
Erfinder: **Hartlief, Franz-Josef**
Benzelrather Strasse 17
D-5020 Frechen-Grefrath (DE)
Erfinder: **Fassbender, Franz-Arno**
Huppertstalerweg 1a
D-5010 Bergheim-Ahe (DE)
Erfinder: **Eckoldt, Ralf**
Mainzer Strasse 41
D-5000 Köln 1 (DE)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 412 398 B1

EP 0 412 398 B1

Erfinder: **Henning, Dieter Dr.**
Stresemann Strasse 31
D-5160 Düren (DE)

⑦⁷⁴ Vertreter: **Fuchs, Franz-Josef, Dr.-Ing. et al**
Postfach 22 13 17
D-80503 München (DE)

Beschreibung

Die Erfindung betrifft die Fördervolumenmessung bei einem Schaufelradbagger oder anderen materialabtragenden Tagebaugerät, wobei das Oberflächenprofil des neben dem Schaufelrad anstehenden abzutragenden Festmaterials mittels eines von dem Schaufelradbagger mitgeführten Strahlungssenders/-empfängers fortlaufend abgetastet wird und aus der Differenz zwischen dem erfaßten Oberflächenprofil und der von dem Schaufelrad erzeugten Schnittkontur sowie der Verschwenkgeschwindigkeit des Schaufelrades das Fördervolumen des geförderten Festmaterials ermittelt wird.

Eine derartige Fördervolumenmessung bei einem Schaufelradbagger ist aus der DE-A-1 634 712 bekannt, wobei die Abtastung der vom Schaufelrad abzutragenden Fläche mit Hilfe von Strahlen, wie z. B. von Ultraschallwellen, elektromagnetischen Schwingungen oder photoelektrischen Lichtschranken als eine Alternative zu einer mechanischen Abtastung angegeben ist. Wie jedoch die Abtastung der Fläche mit Hilfe der Strahlen realisiert werden soll, ist der DE-A-1 634 712 nicht zu entnehmen.

Aus der EP-A-0 192 993 ist ein Verfahren zur dreidimensionalen optischen Erfassung von Objekten mit Hilfe eines periodisch intensitätsmodulierten oder gepulsten Lasers bekannt, wobei Laufzeitunterschiede des von dem Objekt reflektierten und mit einem Empfänger erfaßten Lichts in Form von Helligkeitsunterschieden erfaßt und in Höhenstufen des Objekts umgerechnet werden. Zur vollständigen Ausleuchtung des Objekts ist zwischen diesem und dem Laser eine Strahlaufweitungsoptik angeordnet, mit der das Laserlicht zu einem Strahlungskegel aufgeweitet wird. Da das Objekt an unterschiedlichen Stellen unterschiedliche Reflexionseigenschaften aufweisen kann, wird von diesem zunächst ein allgemeines Grauwertbild erzeugt, das als Referenzbild für die Umrechnung der von den Laufzeitunterschieden abhängigen Helligkeitsunterschiede in die Höhenstufen dient.

Aus der Zeitschrift "Braunkohle", 41 (1989), Heft 5, Seiten 148 - 150, ist die Verwendung von Rotationslasern bei Schaufelradbaggern im Tagebau bekannt, wobei mit dem Laser direkt auf einen zugehörigen Empfänger gemessen wird. Eine Abtastung des neben dem Schaufelrad anstehenden Festmaterials ist nicht vorgesehen.

Schließlich ist aus der DE-A-34 11 540 ein Verfahren zur Fördervolumenmessung bei Bandförderern bekannt, wobei die Oberfläche des Schüttgutes quer zur Förderrichtung an mehreren Meßpunkten mit Hilfe von nach dem Impuls-Laufzeitmeßprinzip arbeitenden Laserentfernungsmeßgeräten abgetastet wird. Dabei ist für jeden Meßpunkt

jeweils ein Laserentfernungsmeßgerät vorgesehen, so daß sich die Anzahl der benötigten Geräte nach der Breite des Bandförderers richtet.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Fördervolumenmessung anzugeben, die die Konturen des abzutragenden Materials und daraus abzuleitende Größen wie Spandicke, Spanhöhe, Lage der Schnittfläche an der Abbaustelle usw. direkt mißt. Dabei soll die Ermittlung des Spanvolumens unempfindlich gegen unterschiedliche Temperaturen, gegen aufgewirbelten Staub und die übrigen Umwelteinflüsse sein. Die ermittelten Ergebnisse sollen so genau sein, daß eine Regelung des Abbauvorganges und die Erstellung eines Aufmaßes möglich ist.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß bei der eingangs angegebenen Fördervolumenmessung der Strahlungssender/-empfänger ein Laserscanner ist, der einen gepulsten Laserstrahl erzeugt und das Oberflächenprofil durch Messung der Entfernung und des Winkels von dem Laserscanner zu Punkten auf der Oberfläche des Festmaterials mißt, wobei die Messung der Entfernung zwischen den Punkten und dem Laserscanner in einem Rechner durch Auswertung der Laufzeit des gepulsten Laserlichts erfolgt.

Die Steuerung der Schaufelradbewegung kann so optimiert werden. Die Verwendung eines Laserscanners hat den Vorteil, daß eine linienförmige Erfassung des abzuspannenden Gebietes erfolgt. Durch die zeilenweise oder wellenlinienförmige Abtastung werden nicht nur Einzeldaten, sondern die Konfiguration der Abbaufont erfaßbar. Die Verwendung eines Laserscanners, vorzugsweise eines Festkörperlasers, der vorzugsweise mit einer Wellenlänge von 905 Nanometer, einer Pulsrate von 3,6 kHz und einer Pulsdauer von ca. 10 Nanosekunden arbeitet, für das Scanning ist dabei besonders vorteilhaft, da durch sein sehr gering divergierendes Licht über eine aufwandsarme Optik eine hohe Energiedichte erreicht wird, wodurch Fehler durch zu starke Streuung, ungenügende Reflexion etc. vermieden oder verkleinert werden.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, anhand der Zeichnung und in Verbindung mit den Unteransprüchen. Es zeigen:

- FIG 1 eine Sicht auf den Abbauort,
- FIG 2 eine Darstellung der geometrischen Verhältnisse bei einer Spanmessung und
- FIG 3 eine Darstellung der geometrischen Verhältnisse am Abbauort in vereinfachter Form.

Die FIG 1 zeigt die Ermittlung der Einzelheiten des Abbauortes durch zwei Laserscanner 8, 9, die das Oberflächenprofil auf dem Abbaumaterial 1 und die abgearbeitete Fläche 3 durch Abtasten auf

den Scanlinien 10, 11 vertikal vermessen. Die Laserscanner 8, 9 sind neben dem Schaufelrad 6 mit den Schaufeln 5 am Schaufelradträger 7 angebracht und vermessen vornehmlich den nach unten gerichteten Profiltteil 2. Das Profil wird aus Entfernung/Winkel-Wertepaaren ermittelt. Dabei wird die Entfernung zu einzelnen Punkten des Oberflächenprofils durch Auswertung der Laufzeit des erzeugten Laserstrahls in einem dem Laserscanner 8, 9 nachgeordneten Rechner gemessen. Dazu wird zunächst ein Startimpuls generiert, dessen reflektierter Anteil über Verzögerungsleitungen vorzugsweise in Spulenform laufzeitverlängert und für eine Start-Stop-Messung verwendet wird. Es wird in erster Linie das Profil 1, 2 derjenigen Seite für die Regelung verwendet, auf die sich das Schaufelrad 6 zubewegt. Bei gleichmäßiger Bewegung in nur eine Richtung und wenn keine Differenzmessung erfolgt, kann auch auf den zweiten Laserscanner 8 verzichtet werden. Während der Schwenkbewegung dreht sich das Schaufelrad 6 und fräst das Festmaterial 1 um das Oberflächenmaß 4 ab.

Das hintere Profil 12 (weggefrästes Festmaterial) ist, wie FIG 2 zeigt, durch die Kontur des Schaufelrades 6 vorgegeben, da alles vorstehende Material zwangsweise weggefräst wird. Aus der hinteren Kontur 12 und dem gemessenen Profil 13 wird die Querschnittsfläche 14 des jeweiligen Spans errechnet. Die Überlappung des Schaufelrades 6 über das gemessene Profil des Laserscanners 9 stellt diese Differenzfläche dar. Durch die Schwenkbewegung des Baggers fräst sich das Schaufelrad 6 seitlich in das Festmaterial. Das Volumen des Spans ist umso größer, je schneller diese Schwenkbewegung erfolgt. Das von der Spanquerschnittsfläche 14 überstrichene Volumen pro Zeiteinheit stellt den geförderten Volumenstrom des momentan weggefrästen Festmaterials dar. Die erforderlichen Rechnungen für Festmaterial, Fördervolumen, Spandicke, Spanhöhe, Lage der Schnittfläche und Aufmaß (separat vermessen), werden in einem Rechner vorgenommen, der dem Laserscanner 9 nachgeschaltet ist. Dieser Rechner kann im Laserscanner 9 integriert sein. Für die Berechnung ist im wesentlichen der Schwenkradius, die Schwenkgeschwindigkeit, der Hubwinkel α des Schaufelradauslegers 7, die Anbauposition des Laserscanners 8, 9, weitere geometrische Abmessungen des Baggers sowie seine Lage im Raum notwendig. Diese Informationen können im Rechner des Laserscanners 8, 9 leicht gespeichert werden. Vorteilhaft wird der Rechner hierzu mit einem Permanentpeicher ausgerüstet.

Da der Montageort und die Ausrichtung des Laserscanners 8, 9 relativ zum Bagger 16 (FIG 3) bekannt ist, bzw. einmalig bestimmt werden kann, ist der Hubwinkel α des Schaufelradauslegers 7 direkt im Laserscanner 8, 9 oder im nachgeschalte-

ten Rechner zu verwerten. Die Länge des Schaufelradauslegers 7 ist ein bekannter Parameter. In Verbindung mit der Schwenkgeschwindigkeit reichen die Informationen aus, um im Laserscanner 8, 9 oder im nachgeschalteten Rechner den Festmaterial-Volumenstrom aus den Profildaten zu berechnen, ohne daß weitere Meßwerte dem Laserscanner 8, 9 bzw. dem nachgeschalteten Rechner zugeleitet werden müssen. Bei einer Schrägstellung des Baggers 16 ist gegebenenfalls eine Korrektur notwendig, die aus einer Lotmessung ermittelt werden kann und als Korrekturgröße dem Rechner eingegeben wird. Für die Vorgabe einer Schnittfläche ist, wie FIG 2 zeigt, das räumliche Profil durch Bezug auf das Lot 15 im Raum zu orientieren.

Der Profiltteil auf dem Planum 3 (abgearbeitete Fläche) ist durch eine Gerade approximierbar. Die Steigung dieser Geraden ist berechenbar. Die Höhe des Schaufelrades 6 über Planum kann ebenfalls aus dem Profil bestimmt werden, in dem aus der Schrägentfernung auf die approximierte Gerade in Planum die Projektion auf die Vertikale berechnet wird. Aus beiden Größen können IST-Werte für den Ort des Schaufelrades 6 berechnet werden. Damit ist der Ort des Schaufelrades 6 relativ zum Standpunkt des Baggers 16 kontinuierlich vermeßbar. Gibt man für den Ort des Schaufelrades 6 SOLL-Werte vor, so kann aus der Differenz der IST-Werte und SOLL-Werte eine Regelgröße zur Steuerung des Schaufelrades 6 auf beliebige Oberflächenformen abgeleitet werden.

Da sowohl die Lage des Schaufelradauslegers 7 als auch die Oberflächenkontur des Planums 3 und der Fräsfläche bekannt sind, kann auch der Abstand des Auslegers 7 zum anstehenden Material berechnet werden. Die Unterschreitung eines bestimmten Abstandes kann sehr vorteilhaft dazu benutzt werden, einen Kollisionsalarm auszulösen.

Es versteht sich für den Fachmann von selbst, daß auch andere, als in der Zeichnung angegebene, Positionen der Laserscanner 8, 9 möglich. Bei großer Staubentwicklung empfiehlt sich z. B. eine Anbringung am Bagger 16 und eine Konturerfassung der Abbaufont in einem Abstand von 10-20 m vom Schaufelrad 6.

Patentansprüche

1. Fördervolumenmessung bei einem Schaufelradbagger (16) oder anderen materialabtragenden Tagebaugerät, wobei das Oberflächenprofil des neben dem Schaufelrad (6) anstehenden abzutragenden Festmaterials (1) mittels eines von dem Schaufelradbagger (6) mitgeführten Strahlungssenders/-empfängers (9) fortlaufend abgetastet wird und aus der Differenz zwischen dem erfaßten Oberflächenprofil (13) und der von dem Schaufelrad (6) erzeug-

ten Schnittkontur (12) sowie der Verschwenkgeschwindigkeit des Schaufelrades (6) das Fördervolumen des geförderten Festmaterials (1) ermittelt wird,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Strahlungssender/-empfänger (9) ein Laserscanner ist, der einen gepulsten Laserstrahl erzeugt und das Oberflächenprofil (13) durch Messung der Entfernung und des Winkels von dem Laserscanner zu Punkten auf der Oberfläche (13) des Festmaterials (1) mißt, wobei die Messung der Entfernung zwischen den Punkten und dem Laserscanner (9) in einem Rechner durch Auswertung der Laufzeit des gepulsten Laserlichts erfolgt.

2. Fördervolumenmessung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bestimmung der von dem Schaufelrad (6) erzeugten Schnittkontur (12) aus den geometrischen Abmessungen des Schaufelrades (6) erfolgt.

3. Fördervolumenmessung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bestimmung der von dem Schaufelrad (6) erzeugten Schnittkontur (12) durch Abtastung der Schnittkontur (12) mit Hilfe eines weiteren Laserscanners (8) erfolgt.

4. Fördervolumenmessung nach Anspruch 1, 2 oder 3,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bestimmung des Fördervolumens zusätzlich in Abhängigkeit von dem Hubwinkel (α) des Schaufelradträgers (7) erfolgt.

5. Fördervolumenmessung nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Laserscanner (8, 9) und der Rechner mit einem Permanent Speicher verbunden sind, in dem Parameter über den Bagger (16) und über die Anbauposition des Laserscanners (8, 9) und Justagewerte gespeichert werden.

6. Fördervolumenmessung nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Laserscanner (8, 9) in solchen Winkelbereichen, die nicht zur Abtastung des Oberflächenprofils (12, 13) herangezogen werden, auf ein geräteinternen Ziel des Baggers (16) mißt und die dabei gemessene, bekannte Entfernung als Kontrollwert für die Funktionsfähigkeit des Laserscanners (8, 9) und als Eichwert verwendet wird.

7. Fördervolumenmessung nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß für die Impulslaufzeitmessung zunächst ein Startpuls generiert wird, dessen reflektierter Anteil über Verzögerungsleitungen, vorzugsweise in Spulenform, lauffzeitverlängert und für eine Start-Stop-Messung verwendet wird.

8. Fördervolumenmessung nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Laserscanner (8, 9) mit Impulsdauern von 1-10 Nanosekunden und einer Impulsrate im Kilohertzbereich, vorzugsweise im 3-30 kHz-Bereich arbeitet.

Claims

1. Conveyed-volume measurement in a bucket-wheel excavator (16) or other material-removing open-cast mining appliance, the surface profile of the solid material (1) to be removed, occurring next to the bucket-wheel (6), being scanned continuously by means of a radiation transmitter/receiver (9) carried by the bucket-wheel excavator (6), and the conveyed volume of the conveyed solid material (1) being determined from the difference between the recorded surface profile (13) and the cutting profile (12) produced by the bucket-wheel (6) and from the pivoting speed of the bucket-wheel (6), characterized in that the radiation transmitter/receiver (9) is a laser scanner which generates a pulsed laser beam and which measures the surface profile (13) by measuring the distance and angle from the laser scanner to points on the surface (13) of the solid material (1), the measurement of the distance between the points and the laser scanner (9) taking place in a computer by evaluation of the transit time of the pulsed laser light.

2. Conveyed-volume measurement according to Claim 1, characterized in that the determination of the cutting profile (12) produced by the bucket-wheel (6) is carried out from the geometrical dimensions of the bucket-wheel (6).

3. Conveyed-volume measurement according to Claim 1, characterized in that the determination of the cutting profile (12) produced by the bucket-wheel (6) is carried out by scanning the cutting profile (12) by means of a further laser scanner (8).

4. Conveyed-volume measurement according to Claim 1, 2 or 3, characterized in that the deter-

mination of the conveyed volume is carried out additionally in dependence on the lifting angle (α) of the bucket-wheel carrier (7).

5. Conveyed-volume measurement according to one of the preceding claims, characterized in that the laser scanner (8, 9) and the computer are connected to a permanent memory, in which parameters relating to the excavator (16) and to the mounting position of the laser scanner (8, 9) and adjustment values are stored. 5 10
6. Conveyed-volume measurement according to one of the preceding claims, characterized in that the laser scanner (8, 9) measures, in those angular sectors not used for scanning the surface profile (12, 13), in relation to a target of the excavator (16) internal to the appliance, and the known distance thereby measured is used as a check value for the operability of the laser scanner (8, 9) and as a calibration value. 15 20
7. Conveyed-volume measurement according to one of the preceding claims, characterized in that, for measuring the pulse transit time, there is first generated a starting pulse, the reflected fraction of which is lengthened in terms of transit time via delay lines, preferably in coil form, and is used for a start/stop measurement. 25 30
8. Conveyed-volume measurement according to one of the preceding claims, characterized in that the laser scanner (8, 9) works with pulse durations of 1-10 nanoseconds and with a pulse rate in the kilohertz range, preferably in the 3-30 kHz range. 35

Revendications

1. Mesure de volume refoulé dans une excavatrice (16) à roue à godets ou dans un autre appareil d'exploitation à ciel ouvert, qui réalise un enlèvement de matériau, selon laquelle le profil de la surface du matériau solide (1), qui doit être enlevé et qui est présent à côté de la roue à godets (6), est exploré en permanence au moyen d'un émetteur/ récepteur de rayonnement (9) entraîné conjointement par l'excavatrice (16) à roue à godets et que le volume refoulé du matériau solide entraîné (1) est déterminé à partir de la différence entre le profil de surface détecté (13) et le contour en coupe (12) produit par la roue à godets (6) ainsi que la vitesse de basculement de la roue à godets (6), caractérisée par le fait que l'émetteur/récepteur de rayonnement (9) 40 45 50 55

est un scanner laser, qui produit un faisceau laser pulsé et mesure le profil de surface (13) au moyen de la mesure de la distance et de l'angle du scanner laser par rapport à des points situés sur la surface (13) du matériau solide (1), la mesure de la distance entre les points et le scanner laser (9) s'effectuant dans un calculateur par évaluation du temps de propagation de la lumière laser pulsée.

2. Mesure de volume refoulé suivant la revendication 1, caractérisée par le fait que la détermination du contour en coupe (12) formé par la roue à godets (6) s'effectue à partir des dimensions géométriques de la roue à godets (6).
3. Mesure de volume refoulé suivant la revendication 1, caractérisée par le fait que la détermination du contour en coupe (12) produit par la roue à godets (6) s'effectue par exploration du contour en coupe (12) à l'aide d'un autre scanner laser (8).
4. Mesure de volume refoulé suivant la revendication 1, 2 ou 3, caractérisée par le fait que la détermination du volume refoulé s'effectue en outre en fonction de l'angle de la course (α) du support (7) de la roue à godets.
5. Mesure de volume refoulé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisée par le fait que les scanners lasers (8, 9) et le calculateur sont reliés à une mémoire morte dans laquelle sont mémorisés des paramètres concernant l'excavatrice (16) et la position du montage du scanner laser (8, 9), et des valeurs d'ajustement.
6. Mesure de volume refoulé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisée par le fait que le scanner laser (8, 9) exécute la mesure sur une cible, interne à l'appareil, de l'excavatrice (16) dans des plages angulaires qui ne sont pas utilisées pour l'exploration du profil de surface (12, 13), et la distance mesurée et connue est utilisée comme valeur de contrôle pour l'aptitude au fonctionnement du scanner laser (8, 9) à sa valeur d'étalonnage.
7. Mesure de volume refoulé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisée par le fait que pour la détermination du temps de propagation d'impulsions, on produit tout d'abord une impulsion de démarrage, dont le temps de propagation de la partie réfléchie est allongé par l'intermédiaire de lignes à retard, de préférence sous la forme de bobines, la

partie réfléchie étant utilisée pour une mesure de démarrage - arrêt.

8. Mesure de volume refoulé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisée par le fait que le scanner laser (8, 9) travaille avec des impulsions ayant des durées de 1 - 10 nanosecondes et une fréquence d'impulsions située dans la gamme des kilohertz et de préférence dans la gamme de 3 - 30 kHz.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55



