



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 043 886 A1** 2010.05.20

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 043 886.3**

(22) Anmeldetag: **19.11.2008**

(43) Offenlegungstag: **20.05.2010**

(51) Int Cl.⁸: **E02F 9/26 (2006.01)**
E02F 9/20 (2006.01)

(71) Anmelder:
Meyer & John GmbH & Co.KG, 22525 Hamburg, DE

(74) Vertreter:
**BAUER WAGNER PRIESMEYER, Patent- und
 Rechtsanwälte, 52070 Aachen**

(72) Erfinder:
John, Hans-Jürgen, 22587 Hamburg, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE	10 2007 005560	A1
DE	31 27 702	A1
JP	09-2 79 559	A
DD	77 941	A
US	61 32 005	A

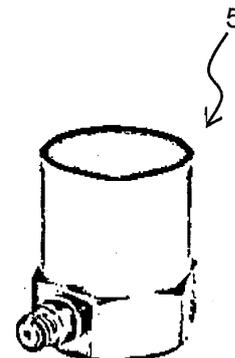
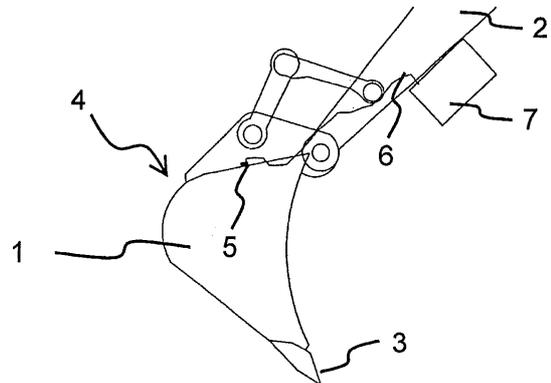
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Bearbeiten und Verfahren zum Bestimmen eines Lockergesteins**

(57) Zusammenfassung: Offenbart ist einerseits eine Vorrichtung zum Bearbeiten und andererseits ein Verfahren zum Bestimmen eines Lockergesteins.

Um die Anpassung der Bearbeitung des Lockergesteins an dessen geologische Nomenklatur zu vereinfachen, wird vorgeschlagen, einerseits an der Vorrichtung einen Messaufnehmer (5) vorzusehen, mittels dessen ein Körperschall der Vorrichtung aufnehmbar ist, eine Auswertungs-einrichtung (7), mittels derer physikalische Parameter des Körperschalls bestimmbar sind, einen Speicher, der zu je einem Referenzwert des Körperschalls eine geologische Nomenklatur enthält, und eine Vergleichseinrichtung, mittels derer ein dem Parameter im Wesentlichen entsprechender Referenzwert ermittelbar und die dem Referenzwert zugeordnete Nomenklatur dem Lockergestein zuordnenbar ist, und dass andererseits zur Bestimmung des Lockergesteins zunächst ein Körperschall der Vorrichtung, mittels derer das Lockergestein bearbeitet wird, sowie ein Parameter des Körperschalls bestimmt wird, sodann ein dem Parameter im Wesentlichen entsprechender Referenzwert ermittelt und eine dem Referenzwert zugeordnete geologische Nomenklatur als Eigenschaft des Lockergesteins bestimmt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einerseits eine Vorrichtung zum Bearbeiten und andererseits ein Verfahren zum Bestimmen eines Lockergesteins.

[0002] Vorrichtungen zum Bearbeiten eines Lockergesteins sind Bagger, Greifer, Bohrer und Sonden für das Bauen im und auf dem oberflächennah anstehenden Gebirge, mittels derer die Erdoberfläche – insbesondere zur Nutzbarmachung, Besiedelung und Rohstoffentnahme – weitreichend verändert und bearbeitet wird. Die Nutzung der bekannten Vorrichtungen in Tätigkeitsfeldern des Grund-, Erd- und Bergbaus setzt fundamentale Kenntnisse der geologischen, hydrologischen und geomechanischen Verhältnisse in dem als Baugrund zu bezeichnenden Gebirgskörper voraus.

[0003] Bekannte Verfahren zum Bestimmen eines Lockergesteins sind als Vorleistung zum eigentlichen Eingriff in den Gebirgskörper auszuführen und erfordern Erkundungsarbeiten mit hohem zeitlichen und wirtschaftlichen Aufwand. Direkte und indirekte Erkundungsmethoden liefern nur einen punktuellen Aufschluss in vorgegebenem Raster. Die Ergebnisse der Erkundung stehen im direkten Zusammenhang zur Qualität und Quantität der gewonnenen Daten: Die Effizienz der Erkundungsarbeit steigt mit der Anzahl der voneinander unabhängig gewonnenen geologischen und geotechnischen Gebirgskennwerte.

[0004] Da zur Bestimmung der geologischen Nomenklatur des Lockergesteins zwischen den Aufschlusspunkten interpoliert wird, hängt die Qualität solcher Modelle von der Homogenität des untersuchten Gebirgskörpers ab: Lockergesteinsgebirge sind durch den gebirgsbildenden Sedimentationsprozess durch Wechsellagerung unterschiedlich klassierter und sortierter Lockergesteinsarten charakterisiert. Tektonische Einflüsse und Erosion verändern und unterbrechen die ursprüngliche Stratigraphie. Die Bearbeitung des Lockergesteins muss an diese inhomogenen Materialeigenschaften angepasst werden.

[0005] Tektonische Störungen und nicht erkannte stratigraphische Veränderungen führen aber in großräumigen Modellen der bekannten Verfahren insbesondere für unverfestigte Lockergesteinsgebirge zu Abweichungen von der tatsächlichen Lithologie und Stratigraphie.

[0006] Die Schnitfführung des Grabwerkzeugs sollte die vollkommene Gewinnung des vorhandenen Lagerstätteninhalts gewährleisten und die Fördermenge des Wertstoffs nicht mit unverwertbarem Nebengestein verdünnen. Das vor dem Eingriff erstellte Modell ermöglicht jedoch insbesondere im Abbau von Braunkohlen mit Tagebaugroßgerätetechnik und sämtlichen Nassgewinnungsverfahren häufig keine

sichere Schnitfführung entlang von Schichtgrenzen. Während des Gewinnungsvorgangs wird auch an modernen Tagebaugroßgeräten die geologische Nomenklatur des Lockergesteins – Materialart und Trennflächen – visuell vom Geräteführer bestimmt und die entsprechende Steuerung des Grabwerkzeugs manuell vorgenommen.

[0007] Unterbrechungen in der Bearbeitung des Lockergesteins werden häufig durch die Anpassung der Schnitfführung entlang der Schichtgrenzen und aus unvorhersehbaren Unterbrechungen im Förder- bzw. Verkippungsprozess durch eine unzureichende Materialansprache während des Gewinnungsvorgangs hervorgerufen. Die Gesamtausnutzung kontinuierlich gewinnender, fördernder und verkippender Tagebaugroßgerätetechnik liegt so häufig unter 50 vH.

[0008] In Nassgewinnungsverfahren wird Lockergestein unterhalb einer Wasseroberfläche abgegraben. Hier ist im Regelbetrieb keine visuelle Material- oder Trennflächenansprache möglich: Die Schnitfführung wird vielmehr an Lagerstättenmodellen oder nach Sichten des Förderguts vorgenommen. Eine exakte Schnitfführung entlang an Trennflächen kann so nicht gewährleistet werden, insbesondere kann in Schichtenfolgen mit geringer Mächtigkeit die nicht hydraulisch leitende Formation durchbrochen und das zum Teil mit Verunreinigungen behaftete Wasser des Gewinnungsbetriebs in die sauberen Grundwasserleiter eindringen.

Aufgabe

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Anpassung der Bearbeitung des Lockergesteins an dessen geologische Nomenklatur zu vereinfachen.

Lösung

[0010] Ausgehend von den bekannten Vorrichtungen wird nach der Erfindung vorgeschlagen, einen Messaufnehmer vorzusehen, mittels dessen ein Körperschall der Vorrichtung aufnehmbar ist, eine Auswertungseinrichtung, mittels derer physikalische Parameter des Körperschalls bestimmbar sind, einen Speicher, der zu je einem Referenzwert des Körperschalls eine geologische Nomenklatur enthält und eine Vergleichseinrichtung, mittels derer ein dem Parameter im Wesentlichen entsprechender Referenzwert ermittelbar und die dem Referenzwert zugeordnete Nomenklatur dem Lockergestein zuordnbar ist.

[0011] Nach der Erfindung wird ein elektro-mechanischer Wandler (Vibrationsaufnehmer) an das Grabwerkzeug bzw. an eine spezielle und mit dem Lockergestein in Kontakt stehende Vorrichtung angebracht, die von der Materialreibung spezifischen Körperschall aufnehmen. Erfindungsgemäß werden die auf-

gezeichneten Messwerte so aufbereitet, dass der Schalldruck innerhalb eines repräsentativen Frequenzbandes mit entsprechenden Referenzwerten, die den akustischen Fingerabdruck eines Lockergesteins beinhalten, in einem echtzeitnahen Auswertungsverfahren verglichen werden und somit die entsprechende Materialart ermitteln.

[0012] Der Schalldruck des Körperschalls der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist abhängig von Korngröße und -form, von Korngrößenverteilung, Verdichtungsgrad, Wassergehalt und Kornbestandteilen und damit von der geologischen Ansprache der relevanten Gesteinseigenschaften des Lockergesteins.

[0013] Die für jede erfindungsgemäße Vorrichtung individuell typischen Referenzwerte werden für Lockergestein bekannter Nomenklatur und erwartete Betriebsbedingungen bei konstanter Normalkraft und konstanter Relativgeschwindigkeit zwischen Grabwerkzeug und dem Lockergestein durch charakteristische Amplitudenhöhen und Schalldruckwerte bestimmt. Zur Reduzierung überflüssiger oder unbrauchbarer Datenmengen wird auf ein anhand der Richtungsabhängigkeit der dreidimensionalen Schallausbreitung in der Vorrichtung als günstig ermitteltes Frequenzband ein Bandpassfilter angewendet. Diese Referenzwerte dienen als Fingerabdruck zum Abgleich mit den im Messdurchgang aufgezeichneten Schalldruckwerten.

[0014] Die erfindungsgemäße einfache und robuste Vorrichtung ermöglicht im laufenden Betrieb das Detektieren unterschiedlicher Lockergesteinsarten und das Erkennen von Trennflächen. Die Messapparatur – Messaufnehmer, Auswertungseinrichtung, Speicher und Vergleichseinrichtung – hält den im Bergbau, Tiefbau und der Bohrtechnik typischen rauen Betriebsverhältnissen stand und gewährleistet eine echtzeitnahe Datenverarbeitung.

[0015] Die Bestimmung der Nomenklatur des Lockergesteins im laufenden Betrieb bietet eine Basis zur Automatisierung von kontinuierlich und diskontinuierlich arbeitenden Gewinnungstechnologien im Trocken- wie im Nassabbau ebenso wie von Sondierapparaturen der geotechnischen Bodenuntersuchung. Die sensorische Materialerkennung unmittelbar an der erfindungsgemäßen Vorrichtung bietet für die grabenden Nassgewinnungsverfahren ein beträchtliches Optimierungspotential und kann zu einer Verfahrensweise der ökologisch ausgeglichenen Rohstoffgewinnung beitragen.

[0016] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung können unmittelbar im Grabvorgang, Bohrprozess oder Sondierorschub grundsätzlich alle Lockergesteinsarten hinsichtlich Korngröße, -größenverteilung und -bestandteilen entsprechend ihrer geologischen Nomenklatur angesprochen werden. Die fortlaufende

sensorische Erkennung der Nomenklatur ermöglicht die Automatisierung von selektiven Grabvorgängen.

[0017] Eine vorhandene (bekannte) Vorrichtung kann durch Anbringen eines Messaufnehmers und Kombination mit einer Auswertungseinrichtung, einem Speicher und einer Vergleichseinrichtung zu einer erfindungsgemäßen Vorrichtung nachgerüstet werden: Die nachgerüsteten Elemente schränken die Funktion und Robustheit der Vorrichtung nicht ein.

[0018] Vorzugsweise ist an einer erfindungsgemäßen Vorrichtung der Messaufnehmer ein piezoelektrischer Schallaufnehmer. Die Materialerkennung basiert auf der sensorischen Erfassung des Körperschalls, der aus der konstanten Relativbewegung eines im Kontakt zum Lockergestein stehenden Messkörpers durch Gleitreibung erzeugt wird. Der Körperschall ist eine vom Energieeintrag abhängige Größe, die sich wiederum aus dem spezifischen Reibwert der Festkörperoberfläche zum Material, den äußeren Kraft- und Geschwindigkeitseinflüssen sowie den Materialeigenschaften des Schallkörpers bestimmt. Der aus der Reibung resultierende Energieeintrag versetzt den Schallkörper in (Micro-) Schwingung, die sich als Körperschall im Volumenkörper und daraus resultierend als BiegeWellen auf dessen Oberfläche ausbreiten. Der durch Reibung erzeugte Körperschall wird in der Eigenfrequenz des Schallkörpers mit einer vom Energieeintrag abhängigen Amplitudenhöhe charakterisiert. Die elastischen Form- und Volumenänderungen des Schallkörpers werden mit piezoelektrischen Schallaufnehmern an der Körperoberfläche erfasst und in elektrische Signale gewandelt.

[0019] Der Messaufnehmer muss den Beanspruchungen stark wechselnder Amplitudenhöhen während der kontinuierlichen Materialerkennung während eines Grab- bzw. Sondiervorganges stand halten. Aus diesem Grund werden vorzugsweise einkristalline Piezoelemente verwendet. In weniger beanspruchten Bereichen, so zum Beispiel in der akustischen Drucksondierung, kommen alternativ auch piezokeramische Sensoren zum Einsatz.

[0020] Vorzugsweise ist an einer erfindungsgemäßen Vorrichtung der Messaufnehmer an einem Grabwerkzeug der Vorrichtung angebracht, das zum Bearbeiten des Lockergesteins in dieses unmittelbar eingreift. So kann der Messaufnehmer verstärkt auch Frequenzen des Körperschalls aufnehmen, die durch Material und Konstruktion des Grabwerkzeugs und der Vorrichtung gedämpft werden.

[0021] Die Auswertungseinrichtung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung kann mit dem Messaufnehmer und/oder mit der Vergleichseinrichtung insbesondere durch eine Funkstrecke verbunden sein. Durch eine Funkstrecke vom Messaufnehmer zur

Auswertungseinrichtung werden Kabelverbindungen im mechanisch besonders hoch belasteten Umfeld des Grabwerkzeugs vermieden. Eine Funkstrecke zwischen der Auswertungseinrichtung und der Vergleichseinrichtung – beispielsweise einem handelsüblichen, programmtechnisch entsprechend ausgestatteten Personalcomputer – können die Standorte der Bearbeitung des Lockergesteins und der erfindungsgemäßen Auswertung des gemessenen Körperschalls entkoppelt – und diese Auswertung beispielsweise auch für mehrere erfindungsgemäße Vorrichtungen zentralisiert werden.

[0022] Besonders bevorzugt weist eine erfindungsgemäße Vorrichtung eine Visualisierungseinrichtung auf, mittels derer die dem Lockergestein zugeordnete Nomenklatur visualisierbar ist. Die Visualisierung der zugeordneten Nomenklatur erleichtert dem Maschinenführer das intuitive Erfassen des Messergebnisses.

[0023] Mittels einer solchen Visualisierungseinrichtung ist vorteilhafter Weise eine Änderung des Parameters visualisierbar. Beispielsweise kann ein erfindungsgemäßer Kiesbagger in einem Leitstand eine Farbwechselanzeige aufweisen, die einem Maschinenführer Kies in grün signalisiert und beim Übergang in andere Gesteinsarten kontinuierlich ins Blaue, zu hydraulisch nicht leitenden Formationen ins Rote wechselt.

[0024] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung kann insbesondere auch automatisch dem Parameter entsprechend gesteuert werden. Insbesondere kann – auch bei manueller Steuerung – das Bearbeiten des Lockergesteins unterbrochen werden, wenn die Nomenklatur eine hydraulisch nicht leitende Formation ausweist.

[0025] Ausgehend von den bekannten Verfahren wird ein Lockergestein erfindungsgemäß bestimmt, indem zunächst ein Körperschall einer Vorrichtung, mittels derer das Lockergestein bearbeitet wird, sowie ein Parameter des Körperschalls bestimmt wird, sodann ein dem Parameter im Wesentlichen entsprechender Referenzwert ermittelt und eine dem Referenzwert zugeordnete geologische Nomenklatur als Eigenschaft des Lockergesteins bestimmt wird. Durch Transformation und Aufbereitung wird aus dem akustischen Rohsignal des aufgenommenen Körperschalls die Amplitudenhöhe eines Frequenzbereichs als Parameter der Materialansprache gewonnen. Diese auch als Schalldruck bezeichnete Größe wird mit den in der Datenbank hinterlegten Referenzwerten abgeglichen und der entsprechenden geologischen Nomenklatur zugeordnet. Das erfindungsgemäße Verfahren kommt in den vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtungen zum Einsatz und zeichnet sich durch die dort genannten Vorteile aus.

[0026] Vorzugsweise erfasst im Rahmen eines erfindungsgemäßen Verfahrens die geologische Nomenklatur zumindest eine Eigenschaft aus Korngröße, Kornform, Korngrößenverteilung, Verdichtungsgrad, Wassergehalt und Kornbestandteilen. Diese Eigenschaften können jeweils für sich aus einer Analyse des Körperschalls ermittelt werden und beschreiben in Kombination eindeutig Lockergesteine der typischer Weise relevanten Nomenklaturen.

[0027] Zur Bestimmung des Parameters aus dem Körperschall werden bevorzugt die technischen Parameter der Bearbeitung aus Normalkraft, Relativgeschwindigkeit zwischen Vorrichtung und Lockergestein, Geometrie und Material der Vorrichtung sowie Position eines Messaufnehmers berücksichtigt. Die technischen Parameter der Bearbeitung beeinflussen – neben den Eigenschaften des Lockergesteins – den Körperschall. Durch Berücksichtigung bei der Bestimmung des Parameters des Körperschalls wird letzterer von diesen technischen Parametern der Bearbeitung unabhängig.

[0028] Besonders bevorzugt wird im Rahmen eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung des Parameters die Amplitudenhöhe und/oder der Schalldruck des Körperschalls ausgewertet. Amplitudenhöhe und Schalldruck lassen sich besonders gut im Hinblick auf die für die Nomenklatur des Lockergesteins relevanten Eigenschaften auswerten.

[0029] Im Rahmen eines erfindungsgemäßen Verfahrens wird vorteilhafter Weise der gemessene Körperschall vor Bestimmung des Parameters auf ein der Vorrichtung zugeordnetes Frequenzband gefiltert. Jede Vorrichtung weist ein konstruktiv und durch die verwendeten Materialien bedingt individuelles Übertragungsverhalten für Körperschall auf. Durch Filtern auf Frequenzbänder, in denen die für die Bestimmung der Nomenklatur des Lockergesteins relevanten Frequenzen des Körperschalls besonders gut übertragen werden, werden sowohl irrelevante Daten gezielt ausgeblendet, als auch die an nachfolgende Vergleichseinrichtungen zu übertragende und auszuwertende Datenmenge reduziert.

[0030] Vorzugsweise wird im Rahmen eines erfindungsgemäßen Verfahrens der gemessene Körperschall vor Bestimmung des Parameters in ein Frequenzsignal transformiert. Durch die Transformation in ein Frequenzsignal wird wiederum die an nachfolgende Vergleichseinrichtungen zu übertragende und auszuwertende Datenmenge reduziert.

[0031] Weiterhin werden im Rahmen eines erfindungsgemäßen Verfahrens Sequenzen eines Amplitudenspektrums des gemessenen Körperschalls vorteilhafter Weise zu Clustern, insbesondere aus je bis zu 20 Sequenzen, fortlaufend zusammengefasst.

Ausführungsbeispiel

[0032] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen

[0033] [Fig. 1a](#) ein Grabwerkzeug einer ersten erfindungsgemäßen Vorrichtung und

[0034] [Fig. 1b](#) einen Messaufnehmer dieses Grabwerkzeugs,

[0035] [Fig. 2](#) ein Grabwerkzeug einer zweiten erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0036] [Fig. 3](#) ein Grabwerkzeug einer dritten erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0037] [Fig. 4](#) ein Grabwerkzeug einer vierten erfindungsgemäßen Vorrichtung und

[0038] [Fig. 5](#) ein Grabwerkzeug einer fünften erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0039] [Fig. 6a](#) ein Frequenzsignal eines erfindungsgemäß gemessenen Körperschalls,

[0040] [Fig. 6b](#) eine Sequenzübersicht dieses Frequenzsignals und

[0041] [Fig. 6c](#) ein Frequenzband dieses Frequenzsignals,

[0042] [Fig. 7a](#) ein gefilterter Rohdatensatz,

[0043] [Fig. 7b](#) ein Amplitudenspektrum des Rohdatensatzes und

[0044] [Fig. 7c](#) eine Fingerabdruckanalyse des Rohdatensatzes,

[0045] [Fig. 8](#) eine sechste erfindungsgemäße Vorrichtung

[0046] [Fig. 9a–d](#) eine schematische Darstellung eines Einsatzes dieser Vorrichtung

[0047] [Fig. 1a](#) zeigt ein erstes Grabwerkzeug **1** einer nicht weiter dargestellten erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Bearbeiten eines gleichfalls nicht dargestellten Lockergesteins. Das Grabwerkzeug **1** ist eine Schaufel eines Hydraulikbaggers zum Aufnehmen des Lockergesteins von der Erdoberfläche. Die Schaufel ist an einem Arm **2** der Vorrichtung gelenkig angebracht.

[0048] An einer beim Bearbeiten des Lockergesteins der unmittelbaren Eingriffstelle **12** abgewandten Rückseite **4** weist das Grabwerkzeug **1** einen Messaufnehmer **5** auf. Der Messaufnehmer **5** ist ein in [Fig. 1b](#) separat im Detail dargestelltes, handelsüb-

liches einkristallines Piezoelement des Herstellers PCP Piezotronics Inc., das Körperschall des Grabwerkzeugs **1** aufnimmt und als analoge Rohdaten über ein Kabel **6** an eine oberhalb der Schaufel an dem Arm angebrachten Auswertungseinrichtung **7** übermittelt.

[0049] Die Auswertungseinrichtung **7** ist ein nicht im Detail dargestellter handelsüblicher kompakter Industriecomputer (ein sogenannter „Embedded-PC“) mit einer analogen Schnittstelle zur Aufnahme der von dem Messaufnehmer **5** aufgenommenen Rohdaten, mit einer Recheneinheit zum Bestimmen von Parametern des Körperschalls aus den Rohdaten und mit einem UKW-Sender zum Übermitteln der Parameter. Die Recheneinheit der Auswertungseinrichtung **7** ist programmtechnisch für die primäre Aufbereitung der Rohdaten eingerichtet. Im Rahmen dieser Aufbereitung filtert die Recheneinheit zunächst das vom Messaufnehmer **5** übertragene Rohsignal in einem repräsentativen Frequenzbereich der Resonanzfrequenz des Schallkörpers. Störeinflüsse und überflüssige Informationen werden so aus dem Rohsignal entfernt. Im nächsten Schritt wertet die Recheneinheit den auf die akustischen Eigenschaften des Schallkörpers – der erfindungsgemäßen Vorrichtung – abgestimmten und gefilterten Frequenzbereich über der Amplitudenstärke (dem sogenannten „Schalldruck“) aus und sendet die als Ergebnis ermittelten Parameter des Körperschalls mittels des UKW-Senders an eine wiederum nicht dargestellte Vergleichseinrichtung im Leitstand der Vorrichtung.

[0050] Die Vergleichseinrichtung ist ein weiterer handelsüblicher kompakter Industriecomputer, der die von der Auswertungseinrichtung **7** übermittelten Ergebnisse mittels eines UKW-Empfängers empfängt. Die Vergleichseinrichtung enthält einen Speicher mit Nomenklaturen zu bekannten Lockergesteinen sowie im Versuch ermittelten Parametern des Körperschalls der Vorrichtung beim Bearbeiten dieser bekannten Lockergesteine als Referenzwerte. Weiterhin enthält die Vergleichseinrichtung gleichfalls eine Recheneinheit, die wiederum programmtechnisch für den Vergleich eingerichtet ist. Im Rahmen des Vergleichs ermittelt die Recheneinheit zu jedem von der Auswertungseinrichtung **7** übermittelten Parameter denjenigen Referenzwert aus dem Speicher, der diesem Parameter möglichst weitgehend entspricht und ordnet dem von der Vorrichtung bearbeiteten Lockergestein die Nomenklatur dieses Referenzwerts zu.

[0051] Die Vergleichseinrichtung steuert darüber hinaus eine nicht dargestellte Visualisierungseinrichtung im Leitstand der Vorrichtung. Die Visualisierungseinrichtung ist eine flächige Farbwechsellampe. Die Vergleichseinrichtung steuert die Visualisierungseinrichtung anhand der Parameter des aktuell bearbeiteten Lockergesteins derart, dass die Nomen-

klaturen „trockener Kies“ grün, „trockener Sand“ gelb und „Lehm“ rot dargestellt und mit zunehmendem Wassergehalt des Lockergesteins der Blauanteil erhöht wird. Diese Steuerung der Vergleichseinrichtung ermöglicht dem Maschinenführer die intuitive Erfassung der ermittelten Nomenklatur des Lockergesteins.

[0052] [Fig. 2](#) zeigt ein Grabwerkzeug **8** einer zweiten erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Bearbeiten eines Lockergesteins. Das Grabwerkzeug **8** ist eine Schaufel eines Schaufelradbaggers zum Aufnehmen des Lockergesteins im Tagebau.

[0053] Unter einer beim Bearbeiten des Lockergesteins schützenden Panzerung weist das Grabwerkzeug **8** in einer Seitenwange **9** einen Messaufnehmer **10** auf. Der Messaufnehmer **10** nimmt den Körperschall des Grabwerkzeugs **8** auf und übermittelt diesen als analoge Rohdaten über ein Kabel an eine Auswertungseinrichtung **11** an einer beim Bearbeiten des Lockergesteins der unmittelbaren Eingriffsstelle **12** abgewandten Rückseite **13** des Grabwerkzeugs **8**. Die erfindungsgemäße Vorrichtung, das Lockergestein, die Panzerung und das Kabel sind vereinfachend nicht dargestellt.

[0054] [Fig. 3](#) zeigt ein Grabwerkzeug **14** einer dritten erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Bearbeiten eines Lockergesteins. Das Grabwerkzeug **14** ist eine Greiferschaufel zum Aufnehmen des Lockergesteins in der Nassgewinnung.

[0055] Unter einer beim Bearbeiten des Lockergesteins schützenden Panzerung weist das Grabwerkzeug **14** in einer Seitenwange **15** einen Messaufnehmer **16** auf. Der Messaufnehmer **16** nimmt den Körperschall des Grabwerkzeugs **14** auf und übermittelt diesen als analoge Rohdaten an eine Auswertungseinrichtung. Die erfindungsgemäße Vorrichtung, das Lockergestein, die Panzerung und die Auswertungseinrichtung sind vereinfachend nicht dargestellt.

[0056] [Fig. 4](#) zeigt ein Grabwerkzeug **17** einer vierten erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Bearbeiten eines Lockergesteins. Das Grabwerkzeug **17** ist ein Schild einer Tunnelvortriebsmaschine, insbesondere eine Microtunneling-Maschine zum Aufnehmen des Lockergesteins bei der Tunnelbohrung.

[0057] Hinter einer beim Bearbeiten des Lockergesteins schützenden Panzerung **18** weist das Grabwerkzeug **17** einen Messaufnehmer **19** auf. Der Messaufnehmer **19** nimmt den Körperschall des Grabwerkzeugs **17** auf und übermittelt diesen als analoge Rohdaten an eine Auswertungseinrichtung. Die erfindungsgemäße Vorrichtung, das Lockergestein und die Auswertungseinrichtung sind vereinfachend nicht dargestellt.

[0058] [Fig. 5](#) zeigt ein Grabwerkzeug **20** einer fünften erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Bearbeiten eines Lockergesteins. Das Grabwerkzeug **20** ist eine Drucksonde zum Prüfen des Lockergesteins.

[0059] Unter einer beim Eindringen in das Lockergestein schützenden Panzerung ist ein Messaufnehmer **21** in einen Kegel **22** des Grabwerkzeugs **20** integriert. Der Messaufnehmer **21** nimmt den Körperschall des Grabwerkzeugs **20** auf und übermittelt diesen als analoge Rohdaten an eine Auswertungseinrichtung. Die erfindungsgemäße Vorrichtung, das Lockergestein, die Panzerung und die Auswertungseinrichtung sind vereinfachend nicht dargestellt.

[0060] Die an den Grabwerkzeugen **8**, **14**, **17**, **20** der [Fig. 2](#) bis [Fig. 5](#) dargestellten Messaufnehmer **10**, **16**, **19**, **21** entsprechen im Wesentlichen dem in [Fig. 1b](#) dargestellten Messaufnehmer **5** des Grabwerkzeugs **1** aus [Fig. 1a](#), die Auswertungs-, Vergleichs- und Visualisierungseinrichtungen den oben beschriebenen Einrichtungen und unterscheiden sich im Wesentlichen in der programmtechnischen Einrichtung für die jeweiligen erfindungsgemäßen Vorrichtungen und für die jeweiligen Einsatzzwecke.

[0061] [Fig. 6a](#) zeigt einen Ausschnitt von dem Messaufnehmer **5** des Grabwerkzeugs **1** aus [Fig. 1a](#) übermittelter Rohdaten **23** eines Körperschalls der erfindungsgemäßen Vorrichtung bei Bearbeitung eines bekannten, homogenen Lockergesteins als „Amplitudenspektrum“ mit nach Frequenzen **24** von 0 bis 7,5 kHz aufgeschlüsseltem Schalldruck **25** in vierzig zeitlich aufeinanderfolgenden Messpunkten **26**. In [Fig. 6b](#) sind die Rohdaten **23** der Messpunkte zur Bestimmung des mittleren Schalldrucks **27** über der Frequenz **28** überlagert. In [Fig. 6c](#) sind Referenzwerte **29** für den Körperschall bei der Bearbeitung der geologischen Nomenklaturen „Feinsand“ **30**, „Schluff“ **31** und „Kohle“ **32** über der Frequenz **33** aufgetragen.

[0062] [Fig. 7a](#) zeigt einen Ausschnitt von dem Messaufnehmer **5** kontinuierlich übermittelter Rohdaten **34** eines Körperschalls bei Bearbeitung unbekanntem Lockergesteins als Schalldruck **35** über einem Zeitfenster **36** von 1350 Sekunden. [Fig. 7b](#) zeigt das durch Transformation dieser Rohdaten **34** ermittelte Amplitudenspektrum **37** dieses Körperschalls. In [Fig. 7c](#) ist die Analyse durch Fingerabdruck bzw. visuelle Ansprache des Schalldrucks im vorgegebenen Frequenzband über dem Weg- bzw. Zeitsignal veranschaulicht.

[0063] [Fig. 8](#) zeigt eine achte erfindungsgemäße Vorrichtung **38** zum Bearbeiten eines Lockergesteins. Die Vorrichtung ist eine im Bohrstrang **39** integrierte modulare Messapparatur für die Horizontalbohrtechnik.

[0064] Die Vorrichtung **38** weist einen rohrförmigen Korpus **40** auf, der an beiden Enden **41** mit Anschlusselementen **42** für den bestehenden Bohrstrang **39** ausgestattet ist. An dem Korpus **40** sind über eine Kufenlagerung **43** zwei kufenförmige Schallkörper **44** schallentkoppelt und auf der dem Korpus **39** zugewandten Innenseite **45** der Schallkörper **44** jeweils Messaufnehmer **46** angebracht, die über ein innerhalb des Bohrstrangs **39** verlaufendes Kabel mit einer Auswertungseinrichtung in Verbindung stehen. Das Kabel und die Auswertungseinrichtung sind nicht dargestellt.

[0065] Fig. 9 veranschaulicht in vier Schritten den Einsatz der achten erfindungsgemäßen Vorrichtung **38** zum Erstellen einer Horizontalbohrung **47** zum Verlegen eines Rohres **48**: Gemäß Fig. 9a wird zunächst ausgehend von einer Bohrstelle **49** eine Pilotbohrung **50** mit geringem Querschnitt in das Lockergestein **51** eingebracht. Fig. 9b zeigt den anschließenden Messvorgang mit der achten erfindungsgemäßen Vorrichtung **38**.

[0066] Ergeben die in dem Messvorgang gemäß Fig. 9b ermittelten Daten des Lockergesteins **51** eine Eignung des Lockergesteins **51** für die Aufnahme des Rohres **48**, wird die Pilotbohrung **50** zunächst gemäß Fig. 9c aufgeweitet und schließlich gemäß Fig. 9c das Rohr **48** in die Horizontalbohrung **47** eingezo-gen.

Bezugszeichenliste

1	Grabwerkzeug
2	Arm
3	Eingriffsstelle
4	Rückseite
5	Messaufnehmer
6	Kabel
7	Auswertungseinrichtung
8	Grabwerkzeug
9	Seitenwange
10	Messaufnehmer
11	Auswertungseinrichtung
12	Eingriffsstelle
13	Rückseite
14	Grabwerkzeug
15	Seitenwange
16	Messaufnehmer
17	Grabwerkzeug
18	Panzerung
19	Messaufnehmer
20	Grabwerkzeug
21	Messaufnehmer
22	Kegel
23	Rohdaten
24	Frequenz
25	Schalldruck
26	Messpunkt
27	Schalldruck
28	Frequenz

29	Referenzwert
30	Nomenklatur „Feinsand“
31	Nomenklatur „Schluff“
32	Nomenklatur „Kohle“
33	Frequenz
34	Rohdaten
35	Schalldruck
36	Zeitfenster
37	Amplitudenspektrum
38	Vorrichtung
39	Bohrstrang
40	Korpus
41	Ende
42	Anschlusselement
43	Kufenlagerung
44	Schallkörper
45	Innenseite
46	Messaufnehmer
47	Horizontalbohrung
48	Rohr
49	Bohrstelle
50	Pilotbohrung
51	Lockergestein

Patentansprüche

1. Vorrichtung (**38**) zum Bearbeiten eines Lockergesteins (**51**), gekennzeichnet durch einen Messaufnehmer (**5**, **10**, **16**, **19**, **21**, **46**), mittels dessen ein Körperschall der Vorrichtung (**38**) aufnehmbar ist, eine Auswertungseinrichtung (**7**, **11**), mittels derer physikalische Parameter des Körperschalls bestimmbar sind, einen Speicher, der zu je einem Referenzwert des Körperschalls eine geologische Nomenklatur enthält und eine Vergleichseinrichtung, mittels derer ein dem Parameter im Wesentlichen entsprechender Referenzwert ermittelbar und die dem Referenzwert zugeordnete Nomenklatur dem Lockergestein (**51**) zuordnbar ist.

2. Vorrichtung (**38**) nach dem vorgenannten Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Messaufnehmer (**5**, **10**, **16**, **19**, **21**, **46**) ein piezoelektrischer Schallaufnehmer ist.

3. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Messaufnehmer (**5**, **10**, **16**, **19**, **21**) an einem Grabwerkzeug (**1**, **8**, **14**, **17**, **20**) der Vorrichtung angebracht ist, das zum Bearbeiten des Lockergesteins in dieses un-mittelbar eingreift.

4. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Messaufnehmer (**5**, **10**, **16**, **19**, **21**) mit der Auswertungseinrichtung (**7**, **11**) und/oder die Auswertungseinrichtung (**7**, **11**) mit der Vergleichseinrichtung durch eine Funkstrecke verbunden ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorgenannten An-

sprüche, gekennzeichnet durch eine Visualisierungseinrichtung, mittels derer die dem Lockergestein zugeordnete Nomenklatur visualisierbar ist.

6. Vorrichtung nach dem vorgenannten Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Visualisierungseinrichtung eine Änderung des Parameters visualisierbar ist.

7. Verfahren zum Steuern einer Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung dem Parameter entsprechend gesteuert wird.

8. Verfahren nach dem vorgenannten Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Bearbeiten des Lockergesteins unterbrochen wird, wenn die Nomenklatur eine hydraulisch nicht leitende Formation ausweist.

9. Verfahren zum Bestimmen eines Lockergesteins (**51**), wobei zunächst ein Körperschall einer Vorrichtung (**38**), mittels derer das Lockergestein (**51**) bearbeitet wird, sowie ein Parameter des Körperschalls bestimmt wird, sodann ein dem Parameter im Wesentlichen entsprechender Referenzwert ermittelt und eine dem Referenzwert zugeordnete geologische Nomenklatur als Eigenschaft des Lockergesteins (**51**) bestimmt wird.

10. Verfahren nach dem vorgenannten Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die geologische Nomenklatur zumindest eine Eigenschaft aus Korngröße, Kornform, Korngrößenverteilung, Verdichtungsgrad, Wassergehalt und Kornbestandteilen umfasst.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung des Parameters aus dem Körperschall zumindest ein technischer Parameter der Bearbeitung aus Normalkraft, Relativgeschwindigkeit zwischen Vorrichtung und Lockergestein, Geometrie und Material der Vorrichtung sowie Position eines Messaufnehmers (**5**, **10**, **16**, **19**, **21**) berücksichtigt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung des Parameters die Amplitudenhöhe und/oder der Schalldruck des Körperschalls ausgewertet wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der gemessene Körperschall vor Bestimmung des Parameters auf ein der Vorrichtung zugeordnetes Frequenzband gefiltert wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der gemessene Körperschall vor Bestimmung des Parameters in ein

Frequenzsignal transformiert wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass Sequenzen eines Amplitudenspektrums des gemessenen Körperschalls zu Cluster, insbesondere aus je bis zu 20 Sequenzen, fortlaufend zusammengefasst werden.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1a

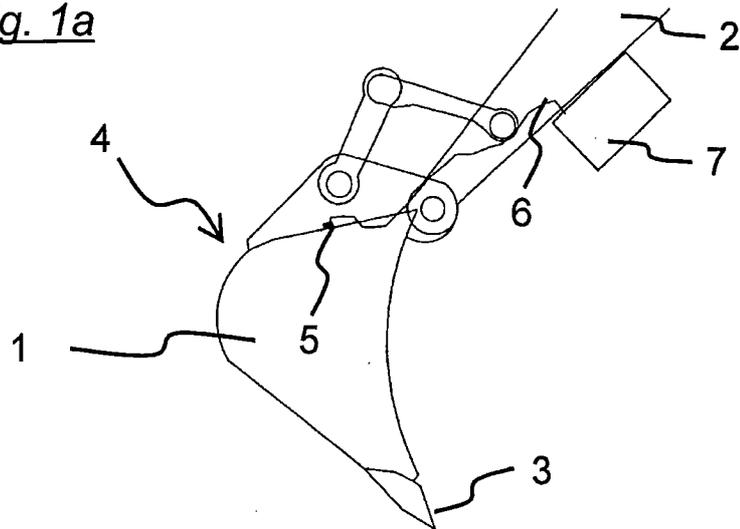


Fig. 1b

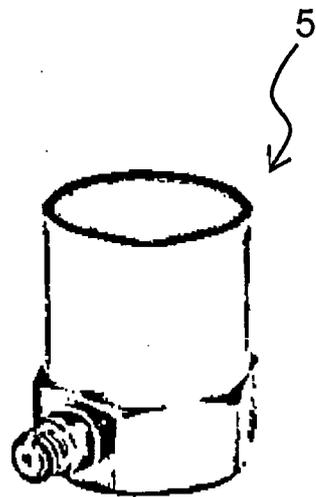


Fig. 2

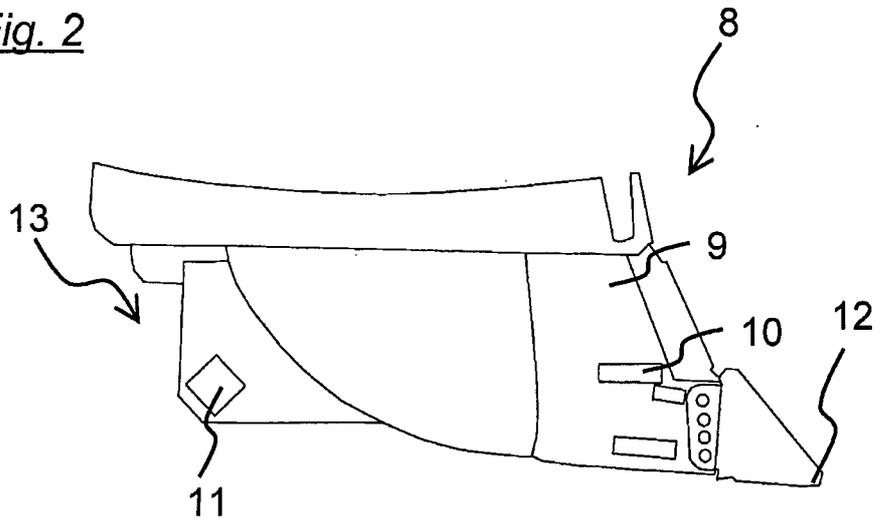


Fig. 3

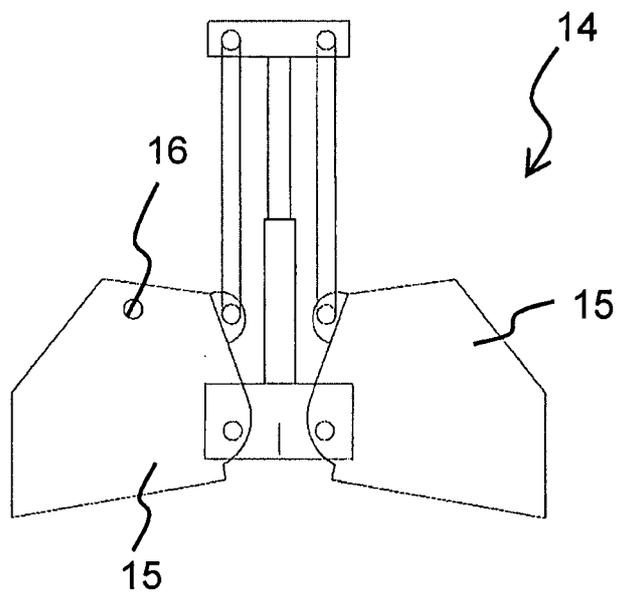


Fig. 4

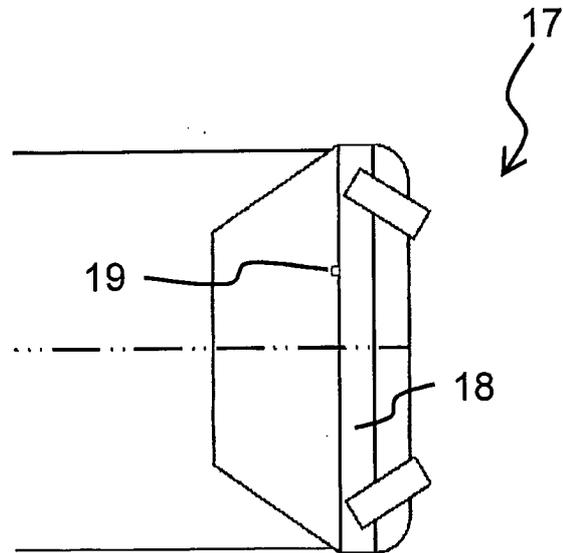


Fig. 5

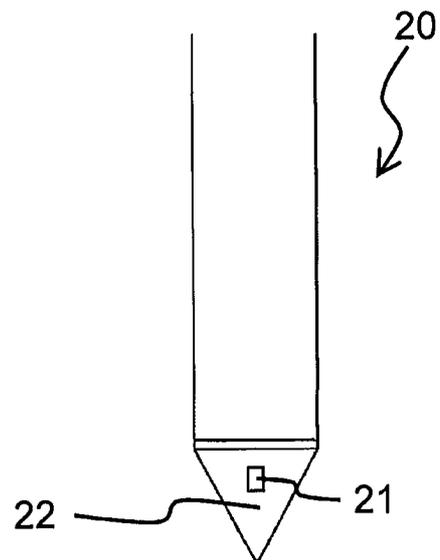


Fig. 6a

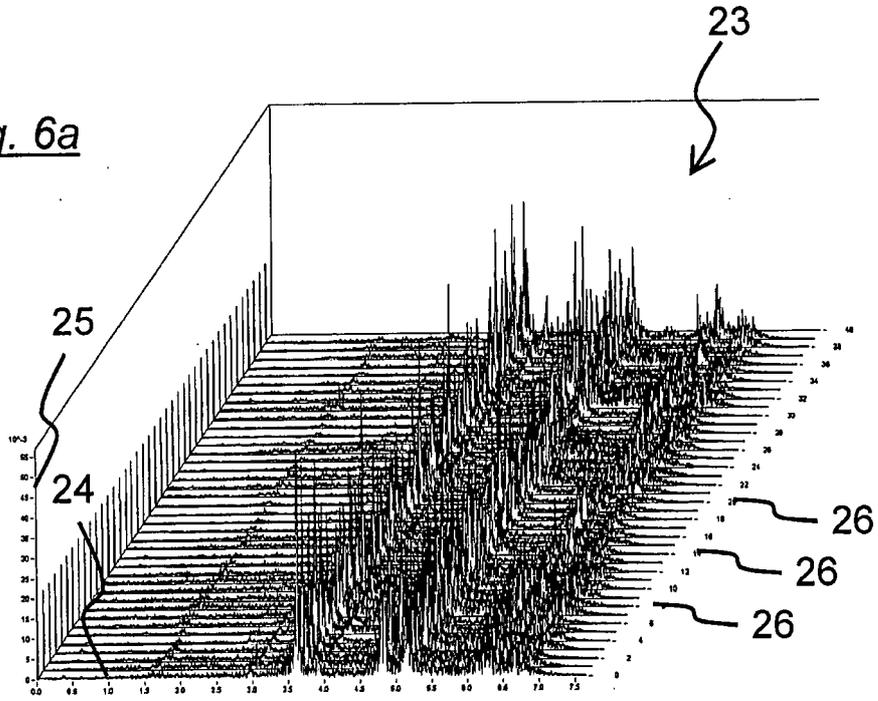


Fig. 6b

