



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2008 037 127 A1 2010.02.11

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2008 037 127.0

(22) Anmeldetag: 08.08.2008

(43) Offenlegungstag: 11.02.2010

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: G01V 1/52 (2006.01)

(71) Anmelder:  
Jäger, Frank-Michael, 04416 Markkleeberg, DE

(72) Erfinder:  
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

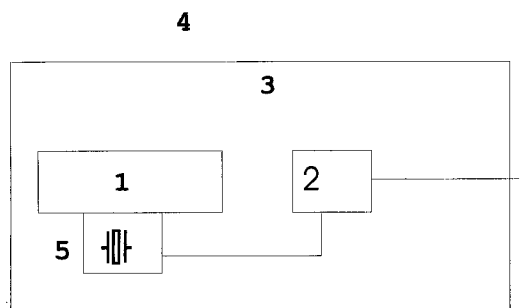
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Gebirgsspannung

(57) Zusammenfassung: Mit dem Verfahren und der Vorrichtung zur Gebirgsspannungsermittlung können Spannungsumlagerungen in situ ständig erfasst werden.

Nach der Erfindung wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass ein oder mehrere Ultraschallsensoren aus PVDF-Folie auf einem Messkörper in einer Bohrlochsonde die Laufzeit mit einem TDC-Schaltkreis bestimmt. Erfindungsgemäß werden die Laufzeit und die Temperatur im Messkörper in situ gemessen und mit Anfangswerten verglichen.

Derartige Vorrichtungen werden zur Überwachung unterirdischer Grubenbaue und Tunnel benötigt.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung und Bestimmung der Gebirgsspannung im Gebirge, vorzugsweise in untertägigen Grubenbauen im Gebirge.

**[0002]** Bekannte mechanische Verfahren werten Längenänderungen von Schwingseiten aus oder messen hydraulische Drücke von Kissen oder Kolbensystemen. Auch die bei den Überbohrverfahren eingesetzten Dehnmessstreifen messen nur Verformungen beziehungsweise Längenänderungen. Das Überbohrverfahren ist zur permanenten in-situ-Messung nicht geeignet.

**[0003]** Andere Verfahren zur Gebirgsspannungsmessung erfassen die Durchmesseränderung von Bohrlöchern beim Überbohren. Für die Gebirgsspannungsmessung im elasto-plastischen Gebirge ist diese Methode weniger gut geeignet, da diese Methode nur über Modellrechnungen aus der Konvergenz der Bohrlöcher auf die zur Zeit der Überbohrung herrschende Gebirgsspannung schließt. Eine Langzeitmessung zur Erfassung von Spannungsumlagerungen, wie sie beim fortschreitenden Abbau oder Versatz der Grubenbaue auftreten, ist damit nicht möglich.

**[0004]** Es gibt Messverfahren, die zur Spannungsbestimmung mit hydraulischen Druckaufnehmern arbeiten. Stellvertretend seien hier die aus der DE 34 03 521 genannten Druckkissen oder die in der DD 299 677 aufgeführten Hydraulikkolben genannt.

**[0005]** Diese Methoden besitzen mehrere wesentliche Nachteile. So muss die absolute Dichtheit zur Aufrechterhaltung des Druckes in dem System gewährleistet sein. Zur Druckbeaufschlagung mit Hydrauliköl sind aber Absperreinrichtungen notwendig, die potentielle Stellen für Undichtheiten sind.

**[0006]** Werden die druckführenden Hydraulikleitungen zu Druckmessenrichtungen oder zu Ventilen außerhalb des Bohrloches zur Pfeilerwand geführt, besteht die Gefahr der Beschädigung der Messeinrichtung bei Verformungen und Abschalungen an den Pfeilerwänden oder Firsten.

**[0007]** In der Patentschrift US 20060005965A1 wird eine Sonde mit einem Drucksensor beschrieben. Dieser dient zur Messung des Drucks in einem Fluid. Da sich der Druck in einer Flüssigkeit gleichmäßig ausbreitet ist damit keine Richtungsabhängigkeit der Gebirgsspannung messbar. Diese Vorrichtung gestattet weder die Ermittlung der Hauptspannung noch die getrennte Ermittlung der vertikalen und horizontalen Gebirgsspannung.

**[0008]** Modernere elektronische Verfahren messen

zum Beispiel mit Ultraschall.

**[0009]** Jedes Gestein hat eine spezifische Schallgeschwindigkeit, die abhängig ist von der Dichte und Elastizität des Gesteins ist. Mit dem bekannten Sonic-Log wird die Laufzeit des von einem Sender am unteren Ende einer Sonde erzeugten Schallimpulses durch das das senkrechte Bohrloch umgebende Gestein zu einem oder mehreren Empfängern am oberen Ende der Sonde gemessen.

**[0010]** Zur Ankopplung der Ultraschallsender und Ultraschallempfänger wird dabei ein Koppelmedium verwendet.

**[0011]** Diese Methode benötigt ein Koppelmedium, welches das umgebende Gestein nicht auflöst. Wasserhaltige Medien sind im Salinalgestein ungeeignet. Die mögliche Klüftigkeit der Gesteine ist ein weiterer Grund für die nicht praktikable Anwendbarkeit dieser Methode.

**[0012]** Andere Verfahren zur Messung der Schallgeschwindigkeit mittels Durchschallung des Gebirges benötigen zwei Bohrlöcher zur Durchführung des Verfahrens.

**[0013]** Auch hier bestehen die oben genannten Nachteile der direkten Messung im Gebirge.

**[0014]** In der Patentschrift DE 198 30 196 wird ein Verfahren zur Bestimmung der räumlichen Gesteins- und Gebirgsanisotropie sowie des Gebirgsspannungszustandes an Probenkörpern beschrieben. Die darin beschriebene Methode zur Ermittlung des Gebirgsspannungszustandes erfordert Probenkörper der Gesteine mit gegenüberliegenden Endflächen zur Anbringung der Ultraschallwandler.

**[0015]** Die vorgenannte Methode ist nicht zur in-situ Messung von Spannungszuständen und Spannungsumlagerungen im Gebirge geeignet.

**[0016]** Weiterhin ist im Stand der Technik die Druckabhängigkeit der Eigenschaften der Wellenausbreitung bekannt. Mit der Messung der Ausbreitungsgeschwindigkeit von Kompressions- und/oder Scherwellen können richtungsabhängige Drücke und Spannungen gemessen werden. Gesteinsanisotropien, Risse etc. beeinflussen markant diese Messungen.

**[0017]** In der Druckschrift „In-situ stress dependence of wave velocities in servoir and overburden rocks” (The Leading Edge, December 2005, S. 1268–1274) beschreiben R. M. Holt u. a. die Abhängigkeit der Wellengeschwindigkeit von Ultraschall vom axial stress.

**[0018]** Durch unterschiedliche Porositäten und Klüf-

te sowie durch die Druckabhängigkeit der Ultraschallgeschwindigkeit im Porenwasser selbst ist eine ausagefähige und vergleichbare in-situ Messung der Gebirgsspannung im umgebenden Gebirge nicht möglich.

**[0019]** Der messtechnische Einfluss von wechselnden Porositäten oder Feuchtegehalten kann weit über dem spannungsabhängigen Anteil des Messeffektes liegen.

**[0020]** In der Patentschrift DE 10 2005 047 659 B4 wird eine Vorrichtung zur Ermittlung der Gebirgsspannung in einem Bohrloch beschrieben, welche den Einfluss wechselnder Gesteinsparameter auf die Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Ultraschallwellen eliminiert.

**[0021]** Einfache und kostengünstige Bohrlochmess-einrichtungen erfordern eine Weiterentwicklung der dort aufgezeigten Wege.

**[0022]** So können herkömmliche PTZ-Keramiken nicht mit mechanischen Spannungen belastet werden. Damit diese nicht zu Bruch gehen sind besondere Maßnahmen erforderlich. So sind diese Keramiken zum Beispiel in Kerben oder Schlitzten vor der direkten Krafteinwirkung geschützt einzubauen. Der Schallweg erfolgt über Mehrfachreflexionen im Sondenkörper. Die Impulslänge des Ultraschallsignals wird dabei verlängert und die Ultraschallamplitude verringert sich bei jeder Reflexion, welches die erforderliche Zeitauflösung erschwert.

**[0023]** Ein weiter zu verbesserndes Teil ist die Elektroneinheit.

**[0024]** Die dort vorgeschlagene PLL-Regelschleife ist für unterschiedliche Messkörper nicht universell einsetzbar und erfordert umfangreiche Abgleicharbeiten.

**[0025]** Erfolgt die Laufzeitmessung der Ultraschallwellen in den Messkörpern ohne Mehrfachreflexion und mit Ultraschallquellen hoher Frequenz, können Laufzeiten mit geringer Streuung gewonnen werden. Vorteilhaft werden dazu PVDF-Folien verwendet.

**[0026]** Die breitbandigen PVDF-Folien sind für Laufzeitmessungen besonders gut geeignet.

**[0027]** Als Messkörper werden zum Beispiel metallische Werkstoffe verwendet. Bei Dicken von wenigen Zentimetern werden Laufzeiten kleiner 10  $\mu$ s erreicht.

**[0028]** Diese können mit TDC-Schaltkreisen besser 100 ps bei einer Messung aufgelöst werden. Durch die kurze Messtrecke im Messkörper können problemlos über 1000 Messungen pro Sekunde erfol-

gen. In einer Sekunde ist durch Mittelwertbildung so eine Zeitauflösung besser 10 ps leicht möglich.

**[0029]** Im Allgemeinen ist die Gebirgsspannungsmessung keine zeitkritische Aufgabe. Die Auflösung der Laufzeit unter 1 ps erfordert daher nur genügend Messwerte.

**[0030]** Auflösungsbegrenzend wirkt der Temperatureinfluss auf die Laufzeit. Moderne TDC-Schaltkreise erlauben eine Temperaturmessung besser 0,01°C.

**[0031]** Unter der Voraussetzung eines quasistationären Temperaturfeldes im Umkreis der Bohrlochsonde ist auch der Einfluss des thermischen Raumschens beherrschbar.

**[0032]** Die Lösung der gestellten Aufgabe ist in den gekennzeichneten Merkmalen des Anspruchs 1 beschrieben.

**[0033]** Die weiteren Ansprüche geben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung wider.

**[0034]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Spannungsmessung mittels Ultraschall beruht auf dem akusto-elastischen Effekt. Die Laufzeit eines Ultraschallimpulses innerhalb des Messmediums wird gemessen. Die Schallgeschwindigkeit der Ultraschallwellen ist abhängig von den elastischen Spannungen innerhalb des Messmediums.

**[0035]** Weiterhin wird die Messtrecke für die Ultraschallwellen durch die Einwirkung der Kräfte elastisch verändert. Diese Messtreckenveränderung im  $\mu$ -Meterbereich wird messtechnisch mit erfasst.

**[0036]** Verwendet man als Messmedium ein elastisches nicht komprimierbares Medium, zum Beispiel einen Festkörper bekannter Zusammensetzung und ohne Anisotropien im Schallweg, kann man durch die Ermittlung der Laufzeitänderung, die Spannungen im umgebenden Gebirge ermitteln. Voraussetzung für diese Messung ist der form- und kraftschlüssige Schluss der Sonde mit dem Gebirge.

**[0037]** Die Verbindung der Bohrlochsonde kann durch einen speziellen Bohrlochzement, zum Beispiel Salzbeton, durch natürliche Konvergenz des Bohrloches oder durch Beides erfolgen.

**[0038]** Erfolgt die Krafteinleitung entsprechend den Spannungsrichtungen des Gebirges in die Bohrlochsonde, können bei entsprechender Anordnung der Ultraschallsensoren innerhalb der Bohrlochsonden auch entsprechend unterschiedliche Spannungen durch unterschiedliche Laufzeiten gemessen werden.

**[0039]** Das Medium zur Aufnahme der Gebirgsspannung soll inkompressibel und homogen sein. Das kann zum Beispiel ein Kunststoff mit geeigneter Festigkeit, ein Metall oder auch ein Kunststein (Beton) sein.

**[0040]** Die Änderung der Schallgeschwindigkeit ist neben der einwirkenden mechanischen Spannung auch von der Temperatur abhängig.

**[0041]** In der Praxis stellt sich der Temperatureausgleich zwischen Sonde und umgebendem Gebirge ausreichend schnell ein. Größere Temperaturschwankungen sind im Gebirge bei stationärem Einbau nicht zu erwarten.

**[0042]** Für kleine Spannungen im Bereich des Hookschen Gesetzes

$$\sigma(\text{Spannung}) = E(\text{E-Modul}) \cdot \varepsilon(\text{Dehnung}) \quad (E = \text{E-Modul})$$

gilt ein linearer Zusammenhang zwischen der Spannung  $\sigma$  und der Dehnung

$$\varepsilon = \Delta L/L,$$

wenn L die Dehnlänge (auch Stauchung als Spezialfall der Dehnung) des ultraschallführenden Körpers in der Sonde ist und  $\Delta L$  dessen Längenänderung. Oberhalb der Dehngrenze  $\sigma_D$  (analog dazu "Fließgrenze,") nimmt die Spannung nur noch wenig zu, und die elastische Verformung geht in eine plastische über, die bei der Entlastung der Sonde eine bleibende Längenänderung hinterlassen würde. Für die Anwendung zur mechanischen Spannungsmessung unterstellt man nur die elastische Verformung ohne Kriechen und Relaxation.

**[0043]** Verwendet man für den Schallweg in der Sonde Materialien, die unter den vorhandenen Gebirgsspannungen im elastischen Bereich bleiben, können somit die Gebirgsspannung und die Änderung dieser, wie sie bei Spannungsumlagerungen auftreten, in-situ gemessen werden.

**[0044]** Die Laufzeit nimmt im elastischen Bereich linear mit der Stauchung ab. Wobei zwei Anteile hierzu beitragen:

1. die direkte Verkürzung des Schallweges  $\Delta L$  und
2. der akusto-elastische Effekt, d. h. die Erhöhung  $\Delta v$  der Schallgeschwindigkeit  $v$  aufgrund der elastischen Druckspannung in dem Schallweg der Sonde. Als Proportionalitätsfaktor wird die Spannungskonstante  $K$  definiert mittels

$$\Delta v/v = K \cdot \sigma$$

**[0045]** Damit lassen sich aus der gemessenen Zunahme  $\Delta t$  der Laufzeit sowohl die Spannung

$$\sigma = (v/(K \cdot L)) \cdot \Delta t$$

als auch die Längenänderung

$$\Delta L = (v/(K \cdot E)) \cdot \Delta t$$

messen.

**[0046]** Durch das elastische Verhalten der Messstrecke zwischen den Ultraschallsensoren wird auch die Länge der Messstrecke verändert.

**[0047]** Da bekannt ist, dass zum Beispiel die Änderung der Schallgeschwindigkeit durch die Einwirkung einer mechanischen Spannung (Stauchung der Messstrecke) dreimal so groß ist, wie der Einfluss der reinen Längenänderung (die durch die Spannung oder Krafteinwirkung auf die Messstrecke entsteht) auf die Schallgeschwindigkeit, kann eine ausreichend genaue Ermittlung der Gebirgsspannung erfolgen.

**[0048]** Die Kalibrierung der Bohrlochsonden erfolgt an ein- oder triachsialen Versuchständen.

**[0049]** Eine vorteilhafte Weitergestaltung der Erfindung ist die Anordnung mehrerer um  $90^\circ$  versetzt angeordneter PVDF-Sensoren auf Messkörper. Damit können mit einer Bohrlochsonde Spannungen in mehreren Richtungen gemessen werden.

**[0050]** Durch die in-situ-Messung soll damit eine permanente Gebirgsspannungsmessung ermöglicht werden. Diese Messung kann vorteilhaft beim Abbau von Rohstoffen, bei der Endlagerung von toxischen und radioaktiven Stoffen oder auch beim Tunnelbau angewendet werden.

**[0051]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen des Unteranspruchs. Im Folgenden soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen beschrieben werden. Es zeigen:

**[0052]** Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung mit PVDF-Folie zur Erfassung der Gebirgsspannung mit einer Bohrlochsonde

**[0053]** Fig. 2 eine Vorrichtung zur Ermittlung der Gebirgsspannung mit TDC-Schaltkreis

**[0054]** In Fig. 1 ist eine Vorrichtung zur Erfassung der Gebirgsspannung im Gebirge **4** mit einem Piezoelement aus PVDF-Folie **5** auf einem Messkörper **1** dargestellt. Die Gebirgsspannung wirkt in dem gezeigten Ausführungsbeispiel (Schnittbild mit Blick von der Seite auf die Sonde) auf die elastische nicht komprimierbare Vergussmasse **3** ein.

**[0055]** Das Piezoelement aus PVDF-Folie **5** sendet Ultraschallwellen durch den Messkörper **1**.

**[0056]** In der Elektroneinheit **2** wird die Laufzeit bzw. die Schallgeschwindigkeit der Ultraschallwellen bestimmt. Die Elektroneinheit **2** ist in durch ein druckdichtes Gehäuse, zum Beispiel einem Rohr, geschützt. Die Anordnung hinter dem Messkörper **1** verhindert eine Störung der Spannungslinien.

**[0057]** Sollen Gebirgsspannungen in mehreren Richtungen bestimmt werden, sind mehrere Messkörper hintereinander anzuordnen. Entsprechend ihrer Ausrichtung kann dann zum Beispiel die horizontale und die vertikale Gebirgsspannung ermittelt werden.

**[0058]** In einer hier nicht gezeigten Weiterentwicklung der Vorrichtung kann natürlich ein Messkörper **1** auch mit mehreren PVDF-Folien **5** in unterschiedlicher Raumorientierung bestückt werden.

**[0059]** Zur Auswertung können TDC-Schaltkreise mit mehreren Messkanälen verwendet werden. Eine andere bekannte Art der Messsignalverarbeitung ist das Multiplexen.

**[0060]** Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung der Vorrichtung einer Bohrlochsonde.

**[0061]** Der Messkörper **11** ist mit einer PVDF-Folie **9** bestückt. Der Temperatursensor **8** ermittelt die Temperatur des Messkörpers **11**. Die Temperaturmessung kann in hier nicht dargestellter Weise auch innerhalb des Messkörpers **11**, zum Beispiel in einer Bohrung, erfolgen. Die Ansteuerung der PVDF-Folie **9** erfolgt mit einer bekannten Funktionseinheit **10**. In dieser Funktionseinheit **10** wird auch das Echo zur Laufzeitmessung so verstärkt. Die zur Ansteuerung des TDC-Schaltkreises **6** notwendigen Stop-Impulse werden in bekannter Weise aus dem Echo gewonnen.

**[0062]** Die Steuerung des TDC-Schaltkreises **6** und die Übergabe der Daten, wie beispielsweise Temperatur und Laufzeit, werden in bekannter Weise mit einem Mikroprozessor **7** durchgeführt.

**[0063]** Der Mikroprozessor **7** enthält ein oder mehrere Werte der Laufzeit ohne äußere Einwirkung der Gebirgsspannung auf den Messkörper **11** bei bekannten Temperaturen.

**[0064]** Der Messkörper **11** besitzt fertigungstechnische Toleranzen in der Dicke. Da dieser Messkörper bei einer Massenproduktion zum Beispiel aus gewalzten Profilen besteht, sind Dickenabweichungen von mehreren  $\mu$ -Metern vorhanden. Diese bewirken unterschiedliche Laufzeiten ohne äußere Spannungseinwirkung.

**[0065]** Da die materialspezifischen Kennwerte des Messkörpers **11**, damit auch die akusto-elastischen

Parameter bekannt sind, reicht es, wenn diese Anfangswerte mit der dazugehörigen Temperatur bekannt sind. Diese werden vorrichtungsspezifisch im Mikroprozessor abgespeichert. In vorteilhafter Weise werden dabei alle Einflüsse des Klebers und der Klebstoffschicht zwischen PVDF-Folie **9** Messkörper **11** mit erfasst.

**[0066]** Im laufendem Betrieb werden die Laufzeiten und die dazugehörigen Temperaturen ermittelt. Daraus ist die einwirkende Gebirgsspannung ermittelbar.

**[0067]** Das Anwendungsgebiet der Erfindung beschränkt sich nicht nur auf den Bergbau. Die Sonden können vorteilhaft in Pfeiler von Stahlbetonbauten eingesetzt werden.

**[0068]** Die Kombination mehrerer Sonden, mit der hier nicht weiter erläuterten Datenübertragung, gestattet auch den kostengünstigen Einsatz im Tunnelbau zur Dauerüberwachung solcher Bauwerke.

## ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### Zitierte Patentliteratur

- DE 3403521 [0004]
- DD 299677 [0004]
- US 20060005965 A1 [0007]
- DE 19830196 [0014]
- DE 102005047659 B4 [0020]

### Zitierte Nicht-Patentliteratur

- „In-situ stress dependence of wave velocities in servoir and overburden rocks” (The Leading Edge, December 2005, S. 1268–1274) beschreiben R. M. Holt [0017]

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Gebirgsspannung in einem Bohrloch, bei dem unter dem Einsatz der Impuls-Echo-Technik mit Ultraschall, die Laufzeiten der Ultraschallimpulse in mindestens einem Messkörper gemessen werden;

**dadurch gekennzeichnet**, dass

das ein oder mehrere Werte für die Änderung der Laufzeit als Funktion der Vorspannung aus den materialspezifischen Kennwerten des Messkörpers und der ein oder mehrmals gemessenen Laufzeit berechnet werden;

während der Dauer der Beobachtung oder Bestimmung der Gebirgsspannung ein oder mehrfach ein Wert für das Verhältnis einer Laufzeitänderung zu einer Änderung eines die Vorspannung des Messkörpers beeinflussenden Messkörperparameters ermittelt wird; und

der oder die aus den Laufzeit-Messungen während der Dauer der Beobachtung oder Bestimmung der Gebirgsspannung ermittelten Werte mit aus den gespeicherten Werten ermittelten Werten für das Verhältnis einer Laufzeitänderung zu einer Änderung der Gebirgsspannung verglichen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass während der Laufzeitmessung mindestens zeitnah auch die Temperatur des Messkörpers gemessen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mit den gemessenen Temperaturen der Messkörper, die temperaturabhängigen Messkörperparameter berechnet werden und aus den gemessenen Laufzeiten, Werte der Gebirgsspannung ermittelt werden.

4. Verfahren zur Bestimmung der Gebirgsspannung in einem Bohrloch, bei dem unter dem Einsatz der Impuls-Echo-Technik mit Ultraschall die Laufzeiten der Ultraschallimpulse in mindestens einem Messkörper gemessen werden;

**dadurch gekennzeichnet**, dass

das ein oder mehrere Werte der Laufzeit ohne äußere Einwirkung der Gebirgsspannung auf den Messkörper, mit den in Vorversuchen ermittelten materialspezifischen Kennwerten des Messkörpers, zur Ermittlung eines Anfangswertes genutzt werden;

während der Dauer der Beobachtung oder Bestimmung der Gebirgsspannung laufend Laufzeiten ermittelt werden; und

der oder die aus den Laufzeit-Messungen während der Dauer der Beobachtung oder Bestimmung der Gebirgsspannung ermittelten Werte mit den aus den gespeicherten Werten ermittelten Werten für das Verhältnis einer Laufzeitänderung zu einer Änderung der Gebirgsspannung verglichen werden.

5. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfah-

rens nach einem der Ansprüche 1 bis 4:

– wobei wenigstens ein Messkörper (1) außerhalb des die Elektronik beinhaltenden Sondenkörpers (2) direkt mittels einer Vergussmasse (3) mit dem umgebenden Gebirge (4) in Kontakt steht,

– wobei der Messkörper (1) auf wenigstens einer Außenfläche ein Piezoelement (5) zur Messung der Ultraschalllaufzeit enthält,

6. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein TDC-Baustein (6) vorgesehen ist, der die Laufzeiten zwischen dem gesendeten Ultraschallsignal und des empfangenen Ultraschallsignals ermittelt.

7. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, dass ein Mikroprozessor (7) vorgehen ist, der anhand der von dem Temperatursensor (8) und/oder vom TDC-Baustein (6) gelieferten Messdaten die Schallgeschwindigkeit im Messkörper (7) und/oder die Gebirgsspannung im Bohrloch bestimmt.

8. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, dass ein Mikroprozessor (7) die Laufzeit- und/oder die Temperaturdaten und/oder Gebirgsspannungsdaten mittels Datenübertragung zur Auswertung und/oder Feldbeobachtung nach Oberflächentage überträgt.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

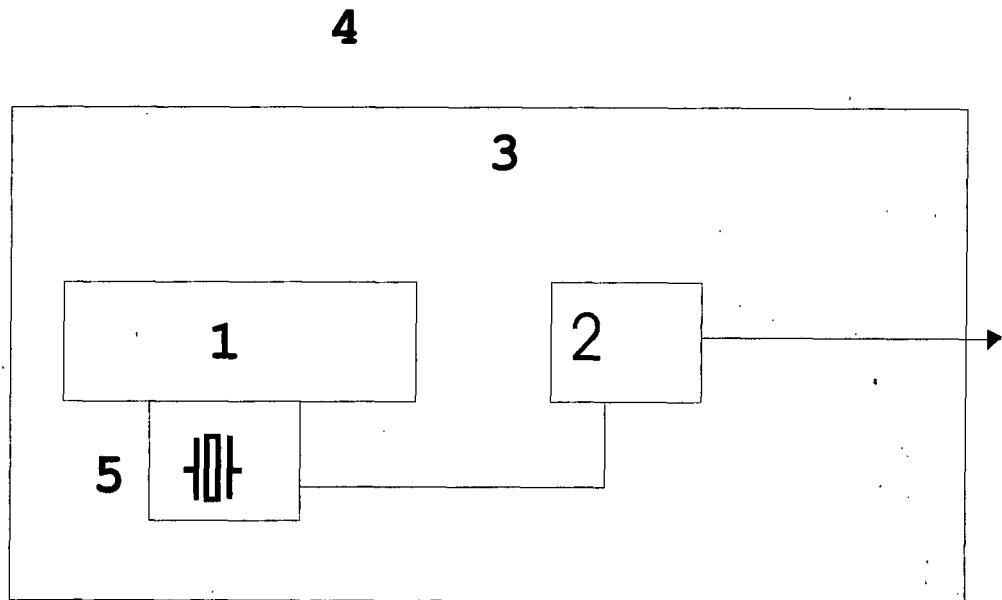


Fig. 1

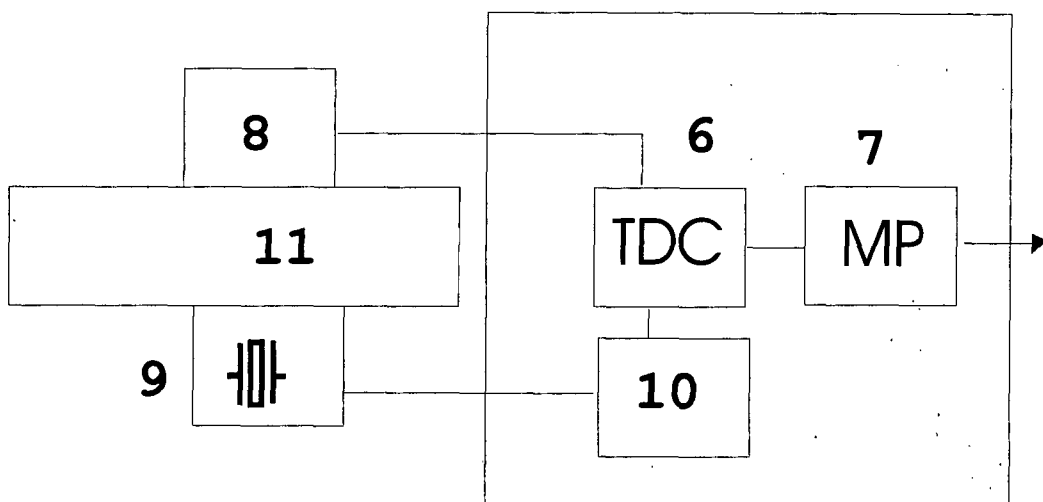


Fig. 2