



CH 681 569 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 681 569 A5

⑤ Int. Cl.⁵: G 01 D 5/32
G 01 C 15/10

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 2804/90

⑦③ Inhaber:
Celio Engineering S.A., Ambri

㉒ Anmeldungsdatum: 29.08.1990

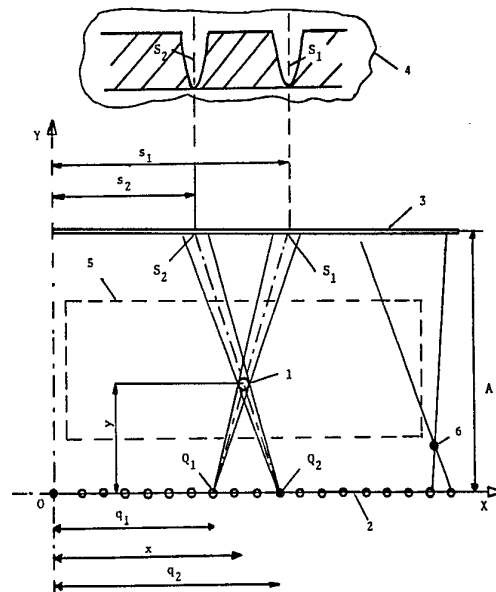
㉔ Patent erteilt: 15.04.1993

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.04.1993

⑦② Erfinder:
Celio, Tino, Ambri
Petar, Fausto, Ambri

⑤④ **Vorrichtung zur berührungslosen Bestimmung der Position von Lotdrähten.**

⑤⑦ Es wird eine Vorrichtung beschrieben, welche die berührungslose Bestimmung der Lotdrahtposition in Staumauern gestattet. Sie basiert auf die Erstellung und Auswertung von Schattenprojektionen des Lotdrahtes (1) unter verschiedenen Winkeln.



CH 681 569 A5

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur berührungslosen Messung und Überwachung der Position von Lotdrähten in Stau Mauern.

Bekanntlich werden in Stau mauern Verformungen resp. Verschiebungen mittels Messung der Positionsveränderung des Mauerwerkes gegenüber Lotachsen von Hänge- resp. Schwimmloten überwacht. Stichprobenartige Messungen werden mittels optischen Zielvorrichtungen durchgeführt. Ständige Lotüberwachung erfolgt bis heute meistens mittels mechanischer Feststellung der Drahtposition. Zu diesem Zwecke werden Gabeln verwendet, welche zwangsläufig auf die Berührung des Lotdrahtes angewiesen sind. Bereits kleinste Kräfte verursachen allerdings Bewegungen des Drahtes, welche gegenüber der betriebsmässig (infolge Wasserdruck, Temperatur) vorkommenden Verschiebungen des Mauerwerkes nicht vernachlässigbar sind. Berührungslose Messanordnungen mit induktiven Sensoren und mit Cameras wurden in den letzten Jahren vorgeschlagen. Sie konnten sich aber aus verschiedenen Gründen (Nichtlinearität, bewegte Teile, Preis) nicht durchsetzen.

Auch aktive Systeme (z.B. mit am Draht angehängten Lichtquellen oder Sendern) sind versucht worden. Zusätzlich zu den erwähnten Nachteilen sind bei diesen Vorrichtungen die gewichtsmässige Symmetrie sowie die Speisung der Aktivelemente problematisch. Anordnungsmässig weisen ferner die meisten Vorrichtungen den Nachteil auf, dass sie das Messfeld räumlich umschlingen müssen, um zweidimensionale Messung zu gewährleisten.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung anzugeben, welche eine einfache, genaue und preiswerte Bestimmung der Lotdrahtposition ermöglicht.

Die Erfindung geht von üblicherweise in Stau mauern vorhandenen Lotdrähten aus und zeigt, wie durch die Erstellung von Schattenprojektionen unter verschiedenen Winkeln ihre zweidimensionale Position in berührungsloser Weise bestimmt werden kann.

In der Folge zeigen

Abb. 1 die grundsätzliche Anordnung

Abb. 2 die mathematischen Beziehungen

Abb. 3 eine typische Ausführung der erfindungsgemässen Vorrichtung.

In Abb. 1 ist Lotdraht 1 mit dem Bereich 5 seiner maximal möglichen Verschiebung angegeben. Erfindungsgemäss werden ausserhalb von Bereich 5 und vorzugsweise zueinander parallel, eine Reihe von Lichtquellen 2 und eine Reihe von Photodetektoren 3 angeordnet. Leuchtet eine Lichtquelle Q_1 auf, dann entsteht auf Diodenreihe 2 einen Schatten S_1 des Drahtes. Seine Lage s_1 , bezogen auf einem (x, y) Achsensystem wird mittels elektrooptischer Lesung bestimmt. Lotdraht 1 befindet sich dann auf Gerade Q_1-S_1 , welche durch Abstand A und Schnittweiten q_1 , s_1 eindeutig definiert ist. Die Wiederholung dieses Vorgehens für jede Lichtgerade gestattet also die Bestimmung einer Schar von

Schattengeraden, welche sich wiederholt am Lotdraht kreuzen und deshalb seine Lage zweidimensional und mit grosser Genauigkeit zu ermitteln gestattet. Die diesbezüglichen Bestimmungsgleichungen 1), 2) sind in Abb. 2 angegeben.

Die Vorteile des beschriebenen Verfahrens liegen in der Berührungslosigkeit, in der hohen Redundanz (Überbestimmung der Drahtlage), welche sich in hoher Genauigkeit niederschlägt, in der nur einseitigen Umschlingung des Messfeldes und in der bestechenden Einfachheit.

Eine spezielle Version der erfindungsgemässen Vorrichtung sieht die Bestimmung der Schnittweiten s auf der Diodenreihe anhand einer Schwerpunktrechnung der den einzelnen Schattenprojektionen S entsprechenden Videosignalen 4. Diesbezügliche Algorithmen sind längst bekannt. Dieses Vorgehen kommt vorteilhafterweise zur Anwendung, wenn die Dimensionen von Draht 1 und/oder Lichtquellen 2 gegenüber Abstand A nicht mehr vernachlässigbar sind und infolge Halbschatteneffekte die genaue Unterscheidung zwischen beleuchteten und nicht beleuchteten Detektoren fraglich wird.

Eine spezielle Ausführung der erfindungsgemässen Vorrichtung betrifft die Berechnung der Lotdrahtposition aus der Schar von Schattengeraden. Wie Differentialformeln 3) und 4) zeigen, ist zur Erreichung von hohen Genauigkeiten die Verwendung von flachen Schattengeraden (q_1-q_2 möglichst gross/Formel 3) bei der y-Koordinate und von steilen Schattengeraden (q_2-s_2 möglichst klein/Formel 4) bei der x-Koordinate vorteilhaft.

Eine bevorzugte Ausführung der erfindungsgemässen Vorrichtung sieht die Verwendung von LED (Light Emitting Diodes) und von CCD (Charge Coupled Devices) als Lichtquelle resp. Photodetektoren vor.

Die Verwendung dieser Elemente ist besonders hinsichtlich räumlicher Auflösung (kleinste Dimensionen) und Lebensdauer vorteilhaft.

Eine spezielle Ausführung der erfindungsgemässen Vorrichtung sieht die Aufstellung, in bekannter Lage aber ausserhalb von Messbereich 5, von einem oder mehreren Eichstäben 6 vor.

Ihre Nachmessung mit anschliessendem Vergleich zwischen Ist- und Sollposition gestattet die laufende Kontrolle des Eichzustandes der Vorrichtung.

Eine spezielle Version der erfindungsgemässen Vorrichtung betrifft die Verwendung von nur zwei Lichtquellen 2.

Bei einer solchen Anordnung werden kleiner Aufwand und kurze Messdauer erreicht. Sie kommt vorteilhafterweise zur Anwendung dort, wo auch schnelle Bewegungen des Lotdrahtes (z.B. infolge Erdbeben) erfasst werden sollen. Freilich wird dann dabei die Messgenauigkeit reduziert.

Eine spezielle Version der erfindungsgemässen Vorrichtung sieht die Abgabe von Warn- und Alarmsignalen bei Überschreitung von festgelegten Toleranzen vor. Diese Version ist speziell bei unbemanntem Betrieb vorteilhaft und gestattet, falls erwünscht, eine hierarchische Behandlung der Notzustände.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Vorrichtung. Lichtquellenreihe 2 und Detektorreihe 3 sind in einem tropfwassersicheren Gehäuse 7 unterbracht. Das Signallicht tritt durch Spalte 19 hindurch. Die Signalauswertung erfolgt im Elektronikteil 8, welcher Speisung 9, Prozessor 10, Video-Steuerung 11, AD-Wandler 13, Fernübertragung 14 und Alarmabgabe 15 umfasst. Auf Bedienungsplatte 16 sind Anzeige 17, Tastatur 18 und Hilfsbetriebselemente angeordnet. Bidirektionaler Fernbetrieb mit einer Zentrale 21 erfolgt über Kabelverbindung 20.

Typische Ausführungsangaben:

Lichtquellen: Stanley E 130, Abstand 15 mm/Grösse 0,3 mm

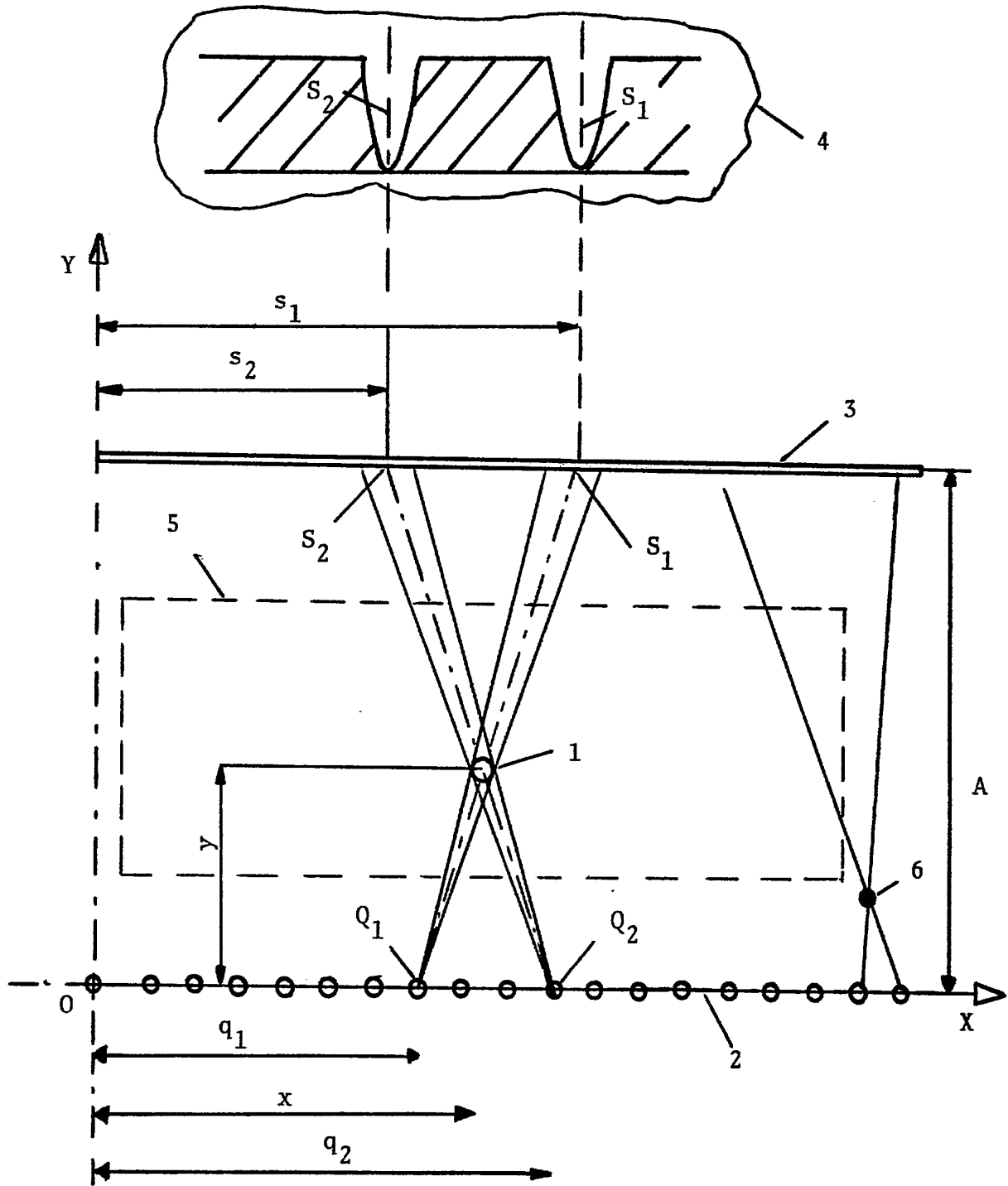
Photodetektoren: Toshiba TCD 128C, 1728 Elemente/Grösse 0,1 mm

Lotdrahtdurchmesser: 1,5 mm

Messbereich: (150x60) mm

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur berührungslosen, passiven Bestimmung der Lotdrahtposition in Stau Mauern, wobei die Bestimmung der Position zweidimensional in einer zum Lotdraht senkrecht liegenden Ebene erfolgt, dadurch gekennzeichnet, dass eine Reihe von Lichtquellen (1) und eine Reihe von Photodetektoren (2) auf gegenüberliegenden Seiten des Lotdrahtes (3) angeordnet sind, dass durch sequentielles Aufleuchten der Lichtquellen sequentiell auf die Photodetektoren Schattenprojektionen des Lotdrahtes erzeugbar sind, dass aus der geometrischen Lage der Lichtquellen und ihrer Schattenprojektionen Schattengeraden bestimmt werden und dass aus der Schar der Schattengeraden die Position des Lotdrahtes zweidimensional errechnet wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmung der Lage der Schattenprojektion durch Schwerpunktrechnung eines aus der Photodetektorreihe herrührenden Videosignales erfolgt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass aus der Schar der Schattengeraden die steileren Geraden mehrheitlich zur Bestimmung der x-Koordinate und die flacheren Geraden mehrheitlich zur Bestimmung der y-Koordinaten herangezogen werden.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen (2) als LED, Light Emitting Diodes, und die Photodetektoren (3) als CCD, Charge Coupled Devices ausgebildet sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ausserhalb des Messfeldes Stifte (6) zur Eichung der Messeinrichtung angeordnet sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Reihe von Lichtquellen nur 2 Lichtquellen umfasst.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass, wenn die Istlage des Lotdrahtes (1) ausserhalb eines vorgegebenen beliebig einstellbaren Sollbereichs (5) liegt, Warn- und/oder Alarmsignale abgegeben werden.



Figur 1

$$y = A \cdot \frac{1}{1 - \frac{s_1 - s_2}{q_1 - q_2}} \quad 1)$$

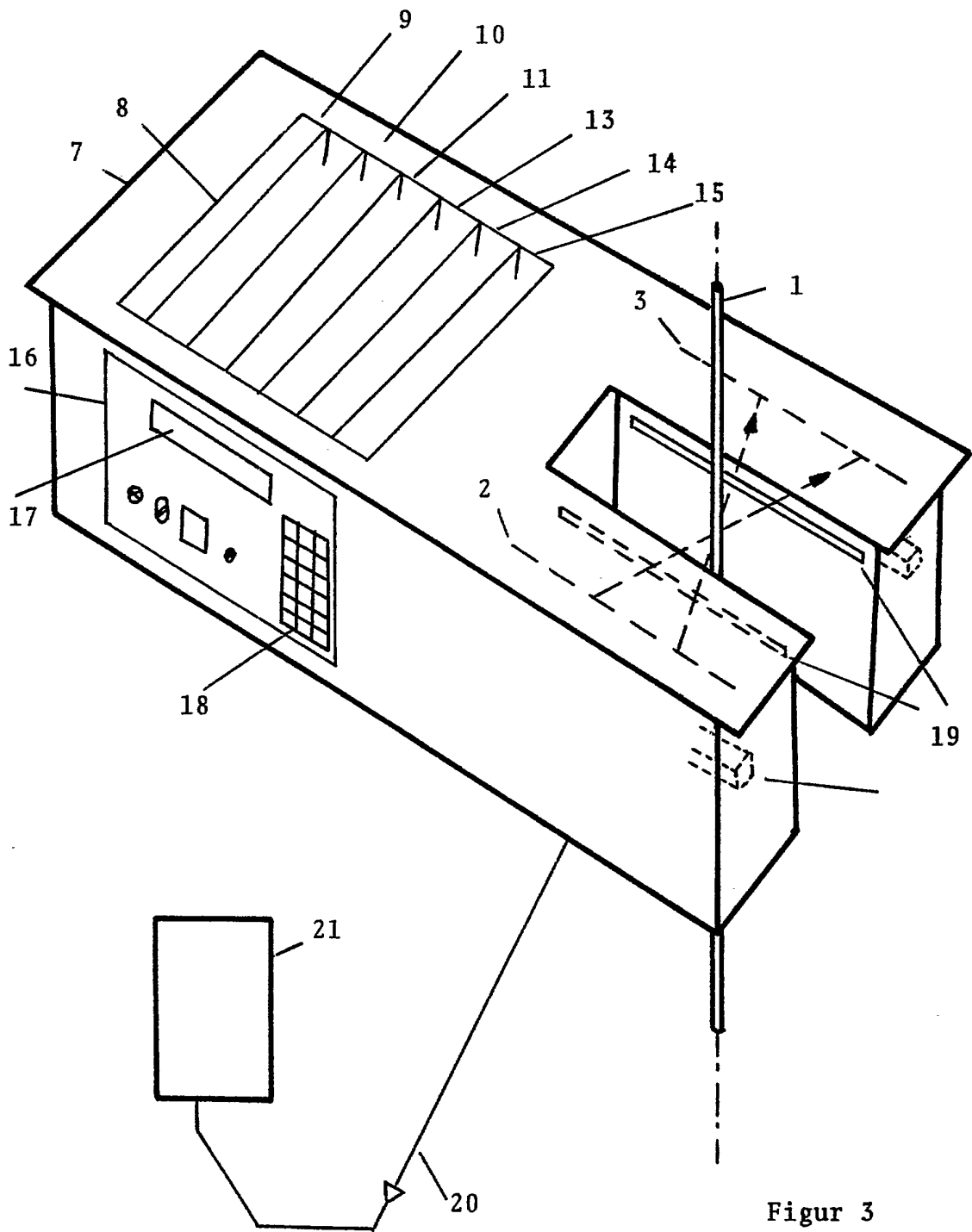
$$x = \frac{s_2 q_1 - s_1 q_2}{q_1 - q_2} \cdot \frac{1}{1 - \frac{s_1 - s_2}{q_1 - q_2}} \quad 2)$$

$$\frac{\partial y}{\partial s_1} = \frac{A}{q_1 - q_2} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{s_1 - s_2}{q_1 - q_2} \right)^2} \quad 3)$$

$$\frac{\partial x}{\partial s_1} = - \frac{q_2 - s_2}{q_1 - q_2} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{s_1 - s_2}{q_1 - q_2} \right)^2} \quad 4)$$

$$\frac{dy}{dx} = - \frac{A}{q_2 - s_2} \quad 5)$$

Figur 2



Figur 3