



(12)

# PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 1747/2000  
(22) Anmeldetag: 12.10.2000  
(42) Beginn der Patentedauer: 15.02.2002  
(45) Ausgabetag: 25.10.2002

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **G01C 5/04**

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 2810687A WO 18867A1

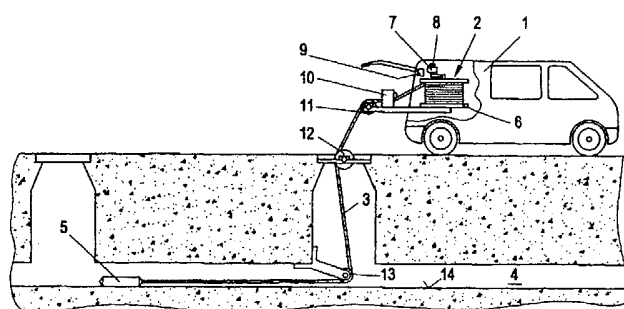
(73) Patentinhaber:  
TAFERNER MARKO  
A-9373 KLEIN ST. PAUL, KÄRNTEN (AT).

(54) VERFAHREN ZUM BESTIMMEN VON LÄNGSPROFILIEN UND VORRICHTUNG ZUM DURCHFÜHREN DES VERFAHRENS

AT 409 671 B

(57) Zum Bestimmen des Längsprofils von im Erdreich verlegten Rohrleitungen wird der hydrostatische Druck einer Flüssigkeitssäule zwischen über die Länge des Bauwerkes verteilten Messpunkten und einem Referenzpunkt erfasst und aus den erfassten Werten der Höhenabstand des jeweiligen Messpunktes vom Referenzpunkt errechnet. Zum Ausführen dieses Verfahren wird ein mit Flüssigkeit gefüllter Schlauch (3) verwendet, der am unteren Ende einen Drucksensor zum Erfassen des hydrostatischen Druckes aufweist, und der an seinem obere Ende mit einem Ausgleichsgefäß (7) für die Messflüssigkeit verbunden ist. Im Bereich des Ausgleichsgefäßes (7) ist ein Drucksensor (9) zum Erfassen des Luftdruckes vorgesehen. Der herrschende Luftdruck und die herrschende Temperatur, welche gesondert erfasst wird, und die Dichte der Messflüssigkeit beeinflusst, werden beim Auswerten der erfaßten Werte für den hydrostatischen Druck berücksichtigt. Für jeden Messvorgang wird die Position des Messsystems und der Zeitpunkt des Messvorganges über GPS erfasst und registriert.

FIG. 1



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen des Längsprofils von langgestreckten Bauwerken, insbesondere im Erdreich verlegten Bauwerken, wie Rohren u.dgl., bei dem man den Höhenabstand des Bauwerkes von einem Referenzpunkt an mehreren, über die Länge des Bauwerkes verteilten Messpunkten erfasst, indem man an jedem Messpunkt den hydrostatischen Druck einer Flüssigkeitssäule zwischen dem jeweiligen Messpunkt und dem Referenzpunkt erfasst und aus dem erfassten Wert für den hydrostatischen Druck den Höhenabstand des jeweiligen Messpunktes vom Referenzpunkt errechnet.

Beispielsweise sollen unterirdisch verlegte Rohrleitungen, in denen ein nicht unter Druck stehendes Medium transportiert wird (Kanalrohre, Drainagerohre) ein gleichmäßiges Gefälle aufweisen, damit ein einwandfreier Transport des Mediums auf Grund der Schwerkraft gewährleistet ist. Je schwieriger die Gefällsbedingungen eines derartigen Rohrsystems sind (z.B. flaches Gelände), desto wichtiger ist nicht nur das Durchschnittsgefälle, sondern auch das Erfordernis, dass das Gefälle über den Verlauf der ganzen Rohrleitung einheitlich und konstant ist, also keine Ausbuchtungen in vertikaler Richtung auftreten.

Das Gefälle einer Rohrleitung kann am offenen Rohrgraben ohne weiteres beurteilt werden.

Nach dem der Rohrgraben verschüttet worden ist, können insbesondere bei nicht einwandfreier Rohrbettung, bei schwierigen Untergrundverhältnissen im setzungsgefährdeten Gelände und/oder durch zeitbedingte oder unvorhersehbare Belastungen von der Oberfläche her erhebliche Abweichungen des Gefälles der Rohrleitung vom Idealgefälle auftreten, welche die Funktion und Haltbarkeit des verlegten Rohrstranges negativ beeinflussen.

Es ist daher erforderlich, das Gefälle von Rohrleitungen von Zeit zu Zeit zu überprüfen, was insbesondere bei Abwasserhauptsträngen, Kanalhausanschlüssen, Abwassersystemen bei Tankstellen und Fabriken, in die Öl- oder Fettabscheider eingebaut sind, bei Drainagesystemen von Mülldeponien wesentlich und auch bei der Kollaudierung von neu verlegten Abwasserkanälen wichtig ist. Auch bei in Deponien verlegten Leitungen, die für das Sammeln und das Ableiten von Deponiegasen bestimmt sind, ist ein bestimmtes Gefälle wesentlich.

Für die Prüfung des Gefälles von Rohrleitungen wurden bislang Messgeräte verwendet, welche die durchschnittliche Rohrneigung mit Hilfe von Laserstrahlen ermitteln.

Auch Neigungsmesser in Kombination mit Kanal-TV-Kameras sind ungenau und lassen keine exakten Vergleichsmessungen in längeren Zeitabständen zu.

Im Stand der Technik sind keine Messgeräte verfügbar, die Punkt für Punkt die genaue Lage und damit den Verlauf (das "Längsprofil") von Bauwerken, insbesondere von unterirdisch verlegten Rohrleitungen, über deren gesamte Länge genau bestimmen und reproduzieren können.

Aus der DE 28 10 687 A ist eine gattungsgemäße Vorrichtung zum Prüfen der Lage von im Boden verlegten Rohren bekannt. Bei der bekannten Vorrichtung ist für die Prüfung der Lage eines Rohres ein Messkopf vorgesehen, der mit einer flexiblen Schlauchleitung verbunden ist, wobei die Schlauchleitung mit einer Zugvorrichtung verbunden ist. Die Schlauchleitung reicht bis in einen Messwagen, in dem Mess- und Registriergeräte untergebracht sind. Der Messkopf ist bei der Vorrichtung gemäß der DE 28 10 687 A im wesentlichen hülsenförmig ausgebildet und enthält einen piezoresistiven Druckaufnehmer, dessen Druckraum über eine Verbindungsschlauchleitung mit einem Vorratsbehälter mit relativ großem Querschnitt und großem Volumen verbunden ist. Beim Benützen der aus der DE 28 10 687 A bekannten Vorrichtung wird der Messkopf zunächst in das zu vermessende Rohr eingeschoben und dann möglichst gleichmäßig wieder aus dem Rohr herausgezogen. Vor dem Beginn des Herausziehens wird der Ausgangswert des auf den Druckaufnehmer über die Verbindungsschlauchleitung wirkenden hydrostatischen Drucks gemessen und Änderungen des Drucks in Abhängigkeit von der Höhenlage des Messkopfes während des Herausziehens des Messkopfes aus dem Dränrohr erfasst. Irgendwelche Korrekturen des Messergebnisses, unter Berücksichtigung des Luftdrucks oder der Temperatur sind in der DE 28 10 687 A nicht erwähnt.

Die WO 96/18867 A beschreibt ein Gerät zum Messen von Höhendifferenzen, wobei das dort beschriebene Gerät im Einmannbetrieb unter unübersichtlichen, örtlichen Bedingungen und unter wechselnden Temperatur- und Druckverhältnissen ständig ausreichend präzise Messergebnisse liefern soll. Vorgeschlagen wird hierzu eine Vorrichtung deren Messsystem völlig geschlossen ist, wobei Einflüsse des Umgebungsluftdruck durch eine flexibel Membrane im Referenzspeicher, der zusammen mit anderen Bauteilen Bestandteil der bekannten Vorrichtung nach Art einer modifizier-

ten Schlauchwaage ist, ausgeglichen werden sollen. Neben dem Referenzspeicher besitzt die bekannte Vorrichtung eine flüssigkeitsgefüllten Verbindungsschlauch und einen Messkopf. Das in der WO 96/18867 A beschriebene Gerät wird so verwendet, dass der Referenzspeicher auf eine Aufstandsfläche (z.B. einen Boden eines Gebäudes) aufgesetzt wird und der Messkopf, der mit dem Referenzspeicher durch eine flexible Leitung (Verbindungsschlauch) verbunden ist, oberhalb der Aufstandsfläche, auf der der Referenzspeicher aufgesetzt ist, an die Stelle gebracht, die von der Aufstandsfläche einen vorgegebenen Höhenabstand besitzen soll. Es muss bei der bekannten Vorrichtung der Messkopf vom Bediener an der Messstelle angebracht und abgelesen werden. Daher ist die aus der WO 96/18867 bekannte Vorrichtung wegen der im Referenzbehälter verwendeten Membrane und der geschlossenen Ausführung für Messungen grösserer Höhenunterschiede nur bedingt geeignet. Dies auch deshalb, weil bei der bekannten Vorrichtung auf eine druck- und spannungsarme, sowie auf eine horizontale Ausbildung des Referenzspiegels geachtet werden muss. Somit ist die aus der WO 96/18867 bekannte Vorrichtung ausschließlich dazu geeignet, von einem vorgegebenen Fixpunkt in die Höhe zu messen, nicht aber den Verlauf und die Lage eines Rohres zu bestimmen.

Aufgabe der Erfindung ist es demnach, ein Verfahren anzugeben, mit dem mit hoher Genauigkeit (bevorzugt im Millimeterbereich) die Lage von (langgestreckten) Bauwerken (beispielsweise von unterirdisch verlegte Rohrleitungen) vermessen und gegebenenfalls aufgezeichnet werden kann.

Gelöst wird diese Aufgabe mit einem Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, daß man den hydrostatischen Druck einer an ihrem oberen Ende offenen Flüssigkeitssäule misst, wobei das obere Ende der Flüssigkeitssäule den Referenzpunkt bildet, und dass man bei der Berechnung des Höhenabstandes aus den gemessenen Werten des hydrostatischen Drucks den im Zeitpunkt der Messung gesondert erfassten Luftdruck und die gesondert erfasste Temperatur der hydrostatischen Flüssigkeit berücksichtigt.

Die Erfindung stellt auch eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens zur Verfügung. Diese Vorrichtung mit einem mit einer Messflüssigkeit gefüllten Messschlauch, weist am unteren Ende des Messschlauches einen Drucksensor auf, der in einer am unteren Ende des Messschlauches vorgesehenen Messsonde eingebaut ist, wobei das obere Ende des Schlauches mit einem Ausgleichsgefäß für die Messflüssigkeit verbunden ist. Erfindungsgemäß ist diese Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich des offenen Ausgleichsgefäßes ein Sensor zum Erfassen des Luftdruckes vorgesehen ist, und dass wenigstens in der Messsonde ein Temperatursensor eingebaut ist, zur Verfügung, welche die Merkmale des Vorrichtungshauptanspruches aufweist.

Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind Gegenstand der abhängigen Unteransprüche.

Der grundsätzliche Gedanke des erfindungsgemäßen Verfahrens beruht auf der Auswertung des hydrostatischen Druckes in einer Flüssigkeitssäule, wenn das untere Ende dieser Säule im ansteigenden oder fallenden Verlauf eines Bauwerkes, z.B. einer Rohrleitung, verschoben wird. Auf Grund der in über die Länge des Bauwerkes, vorzugsweise gleichmäßig, verteilten Meßpunkten gemessenen Werte für den hydrostatischen Druck, kann der Höhenabstand zwischen dem jeweiligen Messpunkt und einem Bezugspunkt ermittelt und so der Verlauf und in weiterer Folge das Gefälle von Bauwerken, insbesondere von unterirdisch verlegten Einbauten, wie Kanalrohren, Leitungen usw., ermittelt werden.

Anwendungsmöglichkeiten des erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind beispielsweise die folgenden:

Erfassen des Verlaufes von neu und alt verlegten Abwasserkanälen. Das ermöglicht eine genaue Überprüfung der ordnungsgemäßen Verlegung von Kanalrohren und die Beurteilung der Funktionsfähigkeit von Abwassersystemen.

Erfassen und laufendes Kontrollieren von Drainagesystemen bei Mülldeponien. Die Aufschüttung von Müll kann durch die Druckbelastung das Drainagesysteme in seiner Funktionsfähigkeit beeinflussen, indem es zu Setzungen in den Drainage-Rohrleitungen (Leitungen für Flüssigkeiten und/oder Deponiegase) kommt. Eine ständige Kontrolle ist demnach erforderlich und ermöglicht eine höhere Schüttung, wenn die Stabilität des Untergrundes nachgewiesen werden kann.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das Setzungsverhalten von Bahn- und Strassentrassen und sonstigen Aufschüttungen, die insbesondere bei problematischen Unter-

grundverhältnissen einen Risikofaktor darstellen, ständig überprüft werden.

Überall dort, wo es notwendig ist, einen Rohrvortrieb millimetergenau zu positionieren (Hausanschlüsse, Kabelunterführungen, Düker usw.) und dessen Verlauf (insbesondere Horizontalverlauf) genau zu kennen, kann dies mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgeführt werden.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung können auch Hangrutschungen beobachtet und kontrolliert werden, bevor diese an der Oberfläche sichtbar werden.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung können auch Hausanschlüsse punktgenau vermessen werden, insbesondere im städtischen Bereich und bei grablosen Verfahren.

Insgesamt eröffnet das erfindungsgemäße Verfahren die Möglichkeit unterirdische Terrainsetzungen genau zu vermessen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Bestimmen von Längsprofilen arbeitet grundsätzlich mit der Verwertung des Drucks einer Flüssigkeitssäule auf einem am zu vermessenden Bauwerk (Kanalrohr usw.) angeordneten und entlang des Bauwerkes bewegten Drucksensor (Messsonde). Um die Genauigkeit der Messung zu erhöhen, wird bei der Auswertung der vom Drucksensor erfassten Druckmesswerte auch der jeweils herrschende Atmosphärendruck mitberücksichtigt. Zusätzlich kann, um Fehler der Messung durch temperaturbedingte Änderungen der Dichte der Flüssigkeit in der Flüssigkeitssäule zu eliminieren, die Temperatur im Drucksensor, die Temperatur der Flüssigkeit und/oder die Temperatur der Umgebungsluft erfasst und beim Ermitteln der Messergebnisse berücksichtigt werden.

Ein besonders genaues und reproduzierbares Messergebnis kann erzielt werden, wenn auch die Temperatur bei der Messsonde (die z.B. im Kanal angeordnet ist), die Temperatur im noch nicht im Kanal befindlichen Schlauch und die Temperatur der Umgebungsluft gemessen wird.

Auf diese Weise wird nicht nur der atmosphärische Druck, sondern auch die jeweilige Dichte der Flüssigkeit in der Schlauchleitung, an deren Ende sich der Drucksensor befindet, berücksichtigt, wenn der hydrostatische Druck zur Bestimmung des Höhenstandes zwischen dem Messpunkt und dem Referenzpunkt ausgewertet wird.

Es ist also in einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass man mit einer Kombination von mehreren Messungen, wie atmosphärischer Druck, Temperatur (der Flüssigkeit in der Flüssigkeitssäule) und hydrostatischer Druck, arbeitet, um ein genaues Messergebnis, das beispielsweise eine Genauigkeit von 1 mm/Messung hat, zu erzielen.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung, die im Prinzip ein (elektronisches) Absolut-Druckmanometer ist, können Höhendifferenzen mit Hilfe des hydrostatischen Druckes einer Flüssigkeitssäule erfasst werden. Hierzu wird das Gewicht, das die Flüssigkeitsteile auf Grund der momentanen Höhendifferenz, also der Höhendifferenz zwischen Messpunkt und Referenzpunkt im Zeitpunkt der Messung besitzt, mit Hilfe eines Drucksensors erfasst und zur Ermittlung des Höhenabstandes verwertet werden. Der Referenzpunkt dieser Flüssigkeitssäule befindet sich an ihrem oberen Ende, wobei bevorzugt ist, dass an dem oberen Ende des Schlauches, in dem die Flüssigkeitssäule enthalten ist, ein Ausgleichsgefäß vorgesehen ist. Wenn ein Ausgleichsgefäß vorgesehen ist, bleiben Änderungen des oberen Pegels der Flüssigkeitssäule klein, auch wenn sich der Querschnitt und/oder die Länge des Schlauches, in dem die Flüssigkeitssäule enthalten ist, beim Weiterbewegen der Meßsonde von Meßpunkt zu Meßpunkt ändert.

Da das Ausgleichsgefäß offen ist, wird beim Auswerten der Messung des hydrostatischen Drucks auch der Luftdruck berücksichtigt. Hierzu ist bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein Drucksensor zum Erfassen des Umgebungsluftdruckes (Atmosphärendruck) vorgesehen. Dieser den Atmosphärendruck erfassende Sensor ist beispielsweise in der Nähe des Ausgleichsgefäßes angeordnet.

Beim Arbeiten nach dem erfindungsgemäßen Verfahren und bevorzugt mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann beispielsweise wie folgt vorgegangen werden, wobei die nachfolgende Beschreibung am Beispiel der Längsprofilmessung an einem Kanalrohr gegeben wird:

Vor der Bestimmung des Längsprofils des Kanalrohres wird der Kanal gereinigt, beispielsweise mit Hilfe eines Kanalhochdruckspülwagens, damit sichergestellt ist, dass die Messsonde, die beim erfindungsgemäßen Verfahren verwendet wird, auf der Rohrsohle und nicht auf dort befindlichen

Ablagerungen liegt.

Nach dem Reinigen des Kanals wird dieser mit Hilfe einer Kanal-TV-Anlage überprüft. Wenn die sich zu überprüfende Rohrleitung in gereinigtem Zustand befindet, kann die Kanal-TV-Anlage aus dem Kanal entfernt werden, wobei es möglich ist, gleichzeitig in den Kanal eine Einziehschnur für das Bewegen der erfindungsgemäßen Sonde zu dem ersten Messpunkt einzubringen.

Nun wird ein Fahrzeug, auf dem die Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens eingebaut sein kann, vor dem einen Kanalschacht in Stellung gebracht und die Schlauchleitung ein Stück von der Schlauchkassette (Schlauchvorrat beispielsweise 250 lfm) abgezogen und mit einem kalibrierten Justierrohr justiert. Am anderen (oberen) Ende der Schlauchleitung befindet sich ein Ausgleichsbehälter dessen Entlüftungsschraube und Ventil geöffnet wird. Mit diesem Vorgang wird das Messsystem für die Eigenkontrolle justiert. Dann wird bei geöffnetem Schachtdeckel die (vorher eingebrachte) Einziehschnur an der Messsonde befestigt und die Messsonde mit dem Messschlauch in das Kanalrohr gezogen, wobei der Schlauch über Umlenkrollen im Schacht und am Messfahrzeug geführt werden kann. Das Ausziehen bzw. Einziehen des Messschlauches kann durch einen motorunterstützten Antrieb unterstützt werden. Die eingeführte Meßsonde wird am ersten Meßpunkt positioniert und der Meßwert wird nach der Stabilisierung der Meßflüssigkeit als Ausgangswert für alle weiteren Messungen hergenommen und abgespeichert. Danach kann mit den weiteren Meßvorgängen begonnen werden. Hierzu wird, gegebenenfalls unterstützt durch eine motorunterstützte Schlauchrückholung, der Messschlauch ein Stück weit eingezogen und im nächsten Messpunkt positioniert. Hierzu kann an der Schlauchkassette eine automatische Längenmessvorrichtung für den Messschlauch vorgesehen sein, so dass beispielsweise Messungen in Abständen von einem Meter durchgeführt werden können.

Vor jeder Messung nach dem Weiterziehen der Messsonde ist es zweckmäßig eine Beruhigungsphase abzuwarten, damit sich die Flüssigkeit im Messschlauch beruhigt und ein stabiler Wert erreicht werden kann. Diese Beruhigungszeit kann abhängig von der Messstreckenlänge und dem Höhenunterschied zwischen Messsonde und Ausgleichsbehälter etwa 15 bis 45 s betragen.

Die Messungen werden so oft wiederholt, bis die Messsonde das Ende der zu überprüfenden Strecke erreicht hat.

Anzumerken ist, dass die Korrektur der gemessenen Werte für den hydrostatischen Druck (Drucksensor in der Messsonde) durch Einbeziehen des Atmosphärendruckes der Umgebungstemperatur im Bereich der Messsonde und der Temperatur Flüssigkeit im Bereich des Schlauchvorrates mit Hilfe eines Rechnerprogrammes durchgeführt werden kann, so dass bei jeder Messung ohne zusätzliche Maßnahmen richtige Werte für den Höhenabstand des Messpunktes vom Referenzpunkt aus dem von der Messsonde gemessenen hydrostatischen Druck der Flüssigkeitssäule erhalten werden.

Da auf der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein Schlauchpaket als Vorrat für den Messschlauch vorgesehen ist, besteht die Möglichkeit Schlauchpakete mit unterschiedlicher Länge zu verwenden. Beispielsweise können Schlauchpakete mit 250 m Längen oder Schlauchpakete mit 60 m Länge verwendet werden. Beim Auswerten der von der Drucksensor in der Messsonde erfassten, hydrostatischen Drucks wird auch die Länge des Schlauchpaketes mitberücksichtigt. Dies erfolgt beispielsweise so, dass die Länge der Messstrecke und die Schachttiefe berücksichtigt werden. Damit wird Folgendes berücksichtigt. Beispielsweise wird im Jänner bei einer Außentemperatur von  $-15^{\circ}\text{C}$  eine Messung in Sickerwasser-Rohrleitungen in einer Mülldeponie vorgenommen, die selbst eine Temperatur von  $+80^{\circ}\text{C}$  hat. Dies ergibt einen Temperaturunterschied von  $95^{\circ}\text{C}$ . Das Schlauchpaket hat eine Länge von 250 m, die Prüfstrecke beträgt 50 m, die Schachttiefe 5 m. Das bedeutet, dass von den 250 m des Schlauchpaketes 55 m eine Temperatur von  $+80^{\circ}\text{C}$  und 195 m eine Temperatur von  $-15^{\circ}\text{C}$  haben. Das heißt, dass die Dichte der Flüssigkeit im Messschlauch unterschiedlich ist. Auch diese temperaturbedingten Dichteunterschiede können durch das Rechenprogramm beim Auswerten des vom Drucksensor in der Messsonde erfassten, hydrostatischen Drucks berücksichtigt werden.

Nachstehend wird unter Bezugnahme auf die angeschlossenen Zeichnungen ein Ausführungsbeispiel für eine Anordnung zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben. Es zeigt Fig. 1 eine Vorrichtung zum Bestimmen des Längsprofils eines Kanalrohres zwischen zwei Kanalschächten und die Fig. 2 bis 5 in Diagrammen Messergebnisse.

In einem Fahrzeug 1 ist eine Schlauchkassette 2 mit einem Schlauchvorrat für den Mess-

schlauch von beispielsweise 250 m oder 60 m vorgesehen. An dem einen Ende des Schlauches 3, das im Ausführungsbeispiel bereits in dem Kanal 4 angeordnet ist, ist eine Messsonde 5 befestigt. Das andere Ende des über eine Haspel 6 geführten Schlauches endet in einem Ausgleichsbehälter 7, der oben mit einer Entlüftungsschraube 8 versehen ist. Neben dem Ausgleichsbehälter 7 ist eine Messeinrichtung 9, in welcher der Drucksensor für das Bestimmen des Atmosphärendruckes (Luftdruck) und ein Rechner für das Auswerten der Meßdaten für den hydrostatischen Druck den Atmosphärendruck und die Temperatur untergebracht sind, vorgesehen. Die Meßeinrichtung 9 enthält auch verschiedene Bedienungsschalter, Anzeigeeinrichtungen (Displays) und Steuereinrichtungen, die z.B. die Abstände zwischen den Meßpunkten festlegen. Das Bewegen des Meßschlauches 3 kann durch Drehen der Schlauchkassette (-haspel) 6 von Hand aus oder mit Hilfe eines Motors erfolgen. Um das Bewegen des Messschlauches 3 zu erleichtern, ist eine von Hand aus betätigbare und/oder motorangetriebene Vorschubeinrichtung 10 vorgesehen, der auch eine Einrichtung zum Messen der vor- bzw. zurückgezogenen Länge des Schlauches 3 zugeordnet sein kann. Der Messschlauch 3 läuft dann über Umlenkrollen 11,12,13 bis zur Sohle 14 des Kanals 4 und bis zur Messsonde 5. In der Messsonde 5 ist in deren Längsmittle ein Drucksensor und an deren vorderem Ende ein Temperatursensor untergebracht, wobei die Kabel für die Datenübertragung durch den Messschlauch 3 laufen. Beim Verwenden der beschriebenen Vorrichtung werden in jedem Messpunkt folgende Werte erfasst:

- atmosphärischer Druck,
- Druck der Flüssigkeitsäule vom Ausgleichsbehälter auf den Drucksensor in der Messsonde,
- Temperatur im Drucksensor,
- Temperatur der Flüssigkeit,
- Temperatur der Luft und
- die Länge des gesamten Schlauchpaketes (beispielsweise 250 m oder 60 m).

Diese Meßwerte werden durch das Rechenprogramm zur Berechnung des Messergebnisses herangezogen.

Mit dem beschriebenen Verfahren der Erfindung und mit Hilfe der ebenfalls beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtung konnte der Verlauf (das Längsprofil) eines Rohres 4 zwischen zwei Schächten 23 und 24 ermittelt werden.

Das Ergebnis einer solchen Bestimmung des Längsprofils ist in den Diagrammen der Fig. 2 bis 5 wiedergegeben. Das Diagramm von Fig. 2 gibt das Ergebnis der ersten Messung (Bestandsaufnahme) wieder. Die Verlegeposition - das Gefälle - eines Rohres zwischen zwei Schächten (Schacht Nr. 23 und Schacht Nr. 24) ist vorgeschrieben und in dem Diagramm mit der Linie "vorgeschriebenes Gefälle" eingetragen. Das "tatsächliche Gefälle" des Rohres weicht so gut wie immer vom "vorgeschriebenen Gefälle" ab, wobei die Abweichung in einem Toleranzbereich liegen kann. Durch Aufnahme des "tatsächlichen Gefälles" mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Verfahren kann dieses und damit die Abweichung vom "vorgeschriebenen Gefälle" punktweise ermittelt werden. Mit der Bestandsaufnahme ist die Verlegeposition (Linie "tatsächliches Gefälle") eines Rohres (genau der Rohrsohle des Rohres) zum Zeitpunkt der ersten Messung festgehalten.

Fig. 3 zeigt das Ergebnis der ersten, einige Monate nach der ersten Bestimmung des Längsprofils vorgenommenen Vergleichsmessung. Das Ergebnis dieser Vergleichsmessung zeigt, dass sich durch Bewegungen im Erdbereich eine Verlegeposition des Rohres geändert hat. So kann die Veränderung der Lage des Rohres ermittelt werden. Die bei der ersten Vergleichsmessung ermittelte Lage des Rohres (dessen Längsprofil) ist durch die strich-punktierte Linie "tatsächliches Gefälle" in Fig. 3 wiedergegeben.

Um zu zeigen, wie genau das erfindungsgemäße Verfahren arbeitet, wurde eine zweite, einige Monate nach der ersten Vergleichsmessung vorgenommenen Vergleichsmessung durchgeführt, deren Ergebnis in Fig. 4 (strichlierte Linie "tatsächliches Gefälle") wiedergegeben ist.

In Fig. 5 ist ein grafischer Vergleich der drei Diagramme der Fig. 2 bis 4 wiedergegeben. So ist das Setzungsverhalten genau zu ermitteln und es können unter Einbeziehung des Zeitfaktors, dem zeitlichen Abstand, in dem die Vergleichsmessungen stattgefunden haben, Rückschlüsse auf die Dynamik der Erdbewegungen gezogen werden.

Mit der beschriebenen Vorrichtung zum Bestimmen von Längsprofilen von Bauwerken kann auch ein System zur Dokumentation des Ortes und der Zeit der durchgeführten Messung kombi-

niert werden. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass mit dem Rechenprogramm eine GPS-Vorrichtung und eine Echtzeituhr kombiniert werden.

Im Rahmen der Erfindung kann eine große Genauigkeit der Messungen von Druck und Temperatur erreicht werden, wenn in der Messsonde ein Drucksensor mit integriertem Temperatursensor verwendet wird.

Die erfassten Messwerte werden über eine serielle Datenleitung, die den (kombinierten) Druck-Temperatur-Sensor auch mit Energie versorgt, an den Rechner weitergeleitet. Über die Datenleitung können zusätzlich zu dem Wert für den gemessenen Druck auch die Temperatur des Sensors, der Sensortyp und die Sensornummer mitübertragen werden. So ist es möglich, den angeschlossenen Sensor durch den Rechner automatisch zu erkennen. Der Umgebungsluftdruck, der auf die an ihrem oberen Ende offene Flüssigkeitssäule (Ausgleichsgefäß) wirkt, wird durch den Umgebungsdruck-Sensor erfaßt und rechnerisch im Rechner berücksichtigt, wenn der vom Drucksensor erfaßte hydrostatische Druck zum Ermitteln des Höhenabstandes zwischen Meßpunkt und Referenzpunkt ausgewertet wird.

Die Dichte der verwendeten Flüssigkeit im Messschlauch zum Zeitpunkt der Messung und die von der Messsonde sowie von dem den Luftdruck erfassenden Druckmesser empfangenen Daten werden durch Zeit und Datum der eingebauten Echtzeituhr sowie den Koordinaten des integrierten GPS-Systems in einem RAM-Speicher im Rechner abgelegt. Über eine Schnittstelle können diese Daten über einen PC ausgelesen und ausgewertet werden.

Von Vorteil ist es, wenn jede Messung für die spätere Auswertung mit einer individuellen Kennung für Projekt und Ort gekennzeichnet wird. Dies ist beispielsweise mit Hilfe des integrierten GPS-Systems und die integrierte Echtzeituhr möglich.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung erlauben folgende, beispielhaft genannten Einsatzmöglichkeiten:

Der genaue Gefällsverlauf von Kanalrohren nach der Verschüttung des Rohrgrabens im Zuge der Bauabnahme kann ermittelt werden. Damit ist eine objektiv dokumentierte Beurteilung der Verlegequalität einwandfrei möglich. Bauchbildungen in den Rohrleitungen können festgestellt und innerhalb der Gewährleistungsfrist behoben werden. So können spätere Funktionsstörungen, die zusätzliche Pflege und Instandhaltungsaufwand verursachen, verhindert werden.

Das Gefälle von Drainagesystemen in Mülldeponien kann exakt vermessen und damit sein Funktionszustand überprüft werden. Schlecht funktionierende Drainagesysteme können zu erheblichen Untergrundkontaminationen führen. Die Stabilität des Untergrundes und dessen genaue Beobachtung erlauben eine höhere Aufschüttung der Mülldeponie, wenn es zu keinem Absenken des Terrains und Gefährdung der Drainagen kommt. Höhere Aufschüttung spart kostbare Deponiefläche und im Grenzfall die Anlage einer neuen Deponie. Die gleichzeitige Messung der Temperatur lässt Rückschlüsse auf die Vergasung und sonstiger Reaktionen innerhalb des Müllkörpers zu.

Die Setzung von Erddämmen, Baukörpern von Strassen und Eisenbahnen können frühzeitig erkannt werden, da diese Setzungen im Untergrund nachgewiesen werden können, bevor sichtbare Auswirkungen an der Oberfläche auftreten. Eine Früherkennung von Sicherheitsrisiken kann Schäden vorbeugen bzw. vermeiden helfen.

Hangrutschungen können durch Kontrollmessungen frühzeitig erkannt werden, da sich eine Erdbewegung im Untergrund abzeichnet, bevor die ersten Anzeichen an der Oberfläche sichtbar werden.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zum Bestimmen des Längsprofils von langgestreckten Bauwerken, insbesondere im Erdreich verlegten Bauwerken, wie Rohren u.dgl., bei dem man den Höhenabstand des Bauwerkes von einem Referenzpunkt an mehreren, über die Länge des Bauwerkes verteilten Messpunkten erfaßt, indem man an jedem Messpunkt den hydrostatischen Druck einer Flüssigkeitssäule zwischen dem jeweiligen Messpunkt und dem Referenzpunkt erfaßt und aus dem erfassten Wert für den hydrostatischen Druck den Höhenabstand des jeweiligen Messpunktes vom Referenzpunkt errechnet, dadurch gekennzeichnet, dass man den hydrostatischen Druck einer an ihrem oberen Ende offenen Flüs-

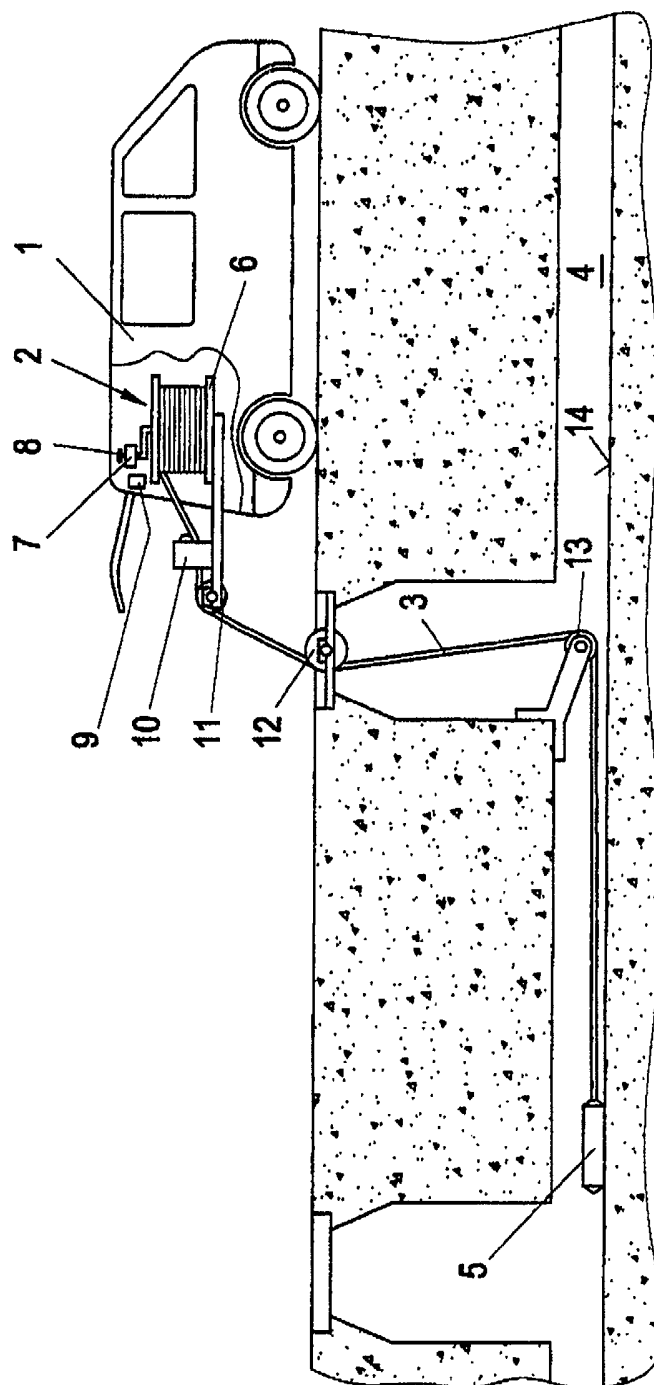
sigkeitssäule misst, wobei das obere Ende der Flüssigkeitssäule den Referenzpunkt bildet, und dass man bei der Berechnung des Höhenabstandes aus den gemessenen Werten des hydrostatischen Drucks den im Zeitpunkt der Messung gesondert erfassten Luftdruck und die gesondert erfasste Temperatur der hydrostatischen Flüssigkeit berücksichtigt.

- 5 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man die Temperatur der Flüssigkeitssäule sowohl am Messpunkt als auch am Referenzpunkt erfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass man das untere Ende der Flüssigkeitssäule schrittweise von Messpunkt zu Messpunkt bewegt.
- 10 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass man nach dem Weiterbewegen des unteren Endes der Flüssigkeitssäule zu dem nächsten Messpunkt vor der nächsten Messung des hydrostatischen Drucks zuwartet, bis sich die Flüssigkeitssäule beruhigt hat.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass man den Zeitpunkt jeder Messung erfasst.
- 15 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass man den Ort jeder Messung erfasst.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass man die Druck- und Temperatursensoren vor dem Beginn einer Messung justiert.
- 20 8. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, mit einem mit einer Messflüssigkeit gefüllten Messschlauch (3), der am unteren Ende einen Drucksensor, der in einer am unteren Ende des Messschlauches (3) vorgesehenen Messsonde (5) eingebaut ist, aufweist, wobei das obere Ende des Schlauches (3) mit einem Ausgleichsgefäß (7) für die Messflüssigkeit verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich des offenen Ausgleichsgefäßes (7) ein Sensor (9) zum Erfassen des Luftdruckes vorgesehen ist, und dass wenigstens in der Messsonde (5) ein Temperatursensor eingebaut ist.
- 25 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitungen für das Weiterleiten der vom Drucksensor und vom Temperatursensor an der Messsonde (5) erfassten Daten im Inneren des Messschlauches (3) geführt sind.
- 30 10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgleichsgefäß (7) eine Entlüftungsschraube (8) aufweist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Vorrat an Messschlauch (3) vorgegebener Länge auf einer Schlauchhaspel (6) aufgewickelt ist.
- 35 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich des Vorrats an Messschlauch (3) ein weiterer Temperatursensor vorgesehen ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine motorisch oder händisch angetriebene Schlauchfördervorrichtung (10) zum Bewegen des Messschlauches (3) vorgesehen ist.
- 40 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass dem Messschlauch (3) eine Längenmessvorrichtung zum Erfassen des Verschiebeweges des Schlauches (3) und damit der Messsonde (5) zugeordnet ist.
- 45 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein Rechner vorgesehen ist, in den die erfassten Daten für hydrostatischen Druck, Temperaturen und atmosphärischen Luftdruck sowie gegebenenfalls durch GPS erfasste Zeit und Ort der Messung eingegeben werden, und mit dem der Höhenabstand zwischen dem jeweiligen Messpunkt und dem durch das Ausgleichsgefäß (7) gebildeten Referenzpunkt errechnet wird.

HIEZU 3 BLATT ZEICHNUNGEN

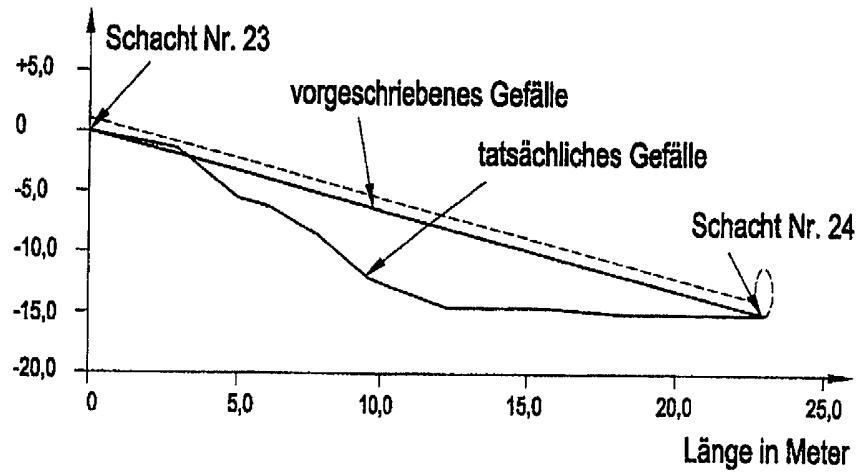


FIG. 1



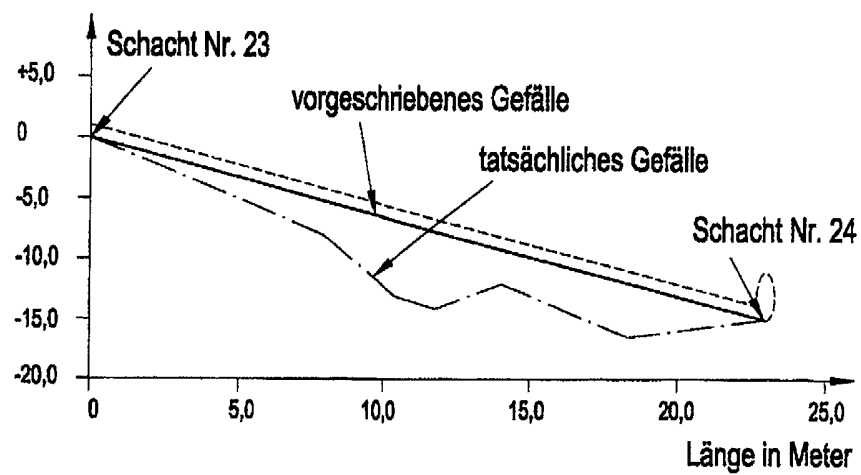
Gefälle  
in  
Millimeter

FIG. 2



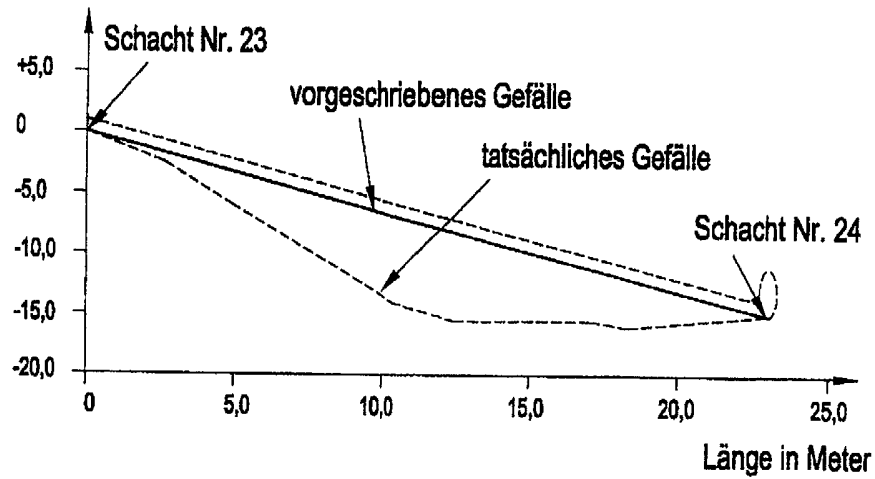
Gefälle  
in  
Millimeter

FIG. 3



Gefälle  
in  
Millimeter

FIG. 4



Gefälle  
in  
Millimeter

FIG. 5

