



SCHWEIZERISCHE EidGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① **CH 689 561 A5**

⑤ Int. Cl.⁶: **E 02 D 001/02**
G 01 N 033/24

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT A5**

⑲ Gesuchsnummer: 02429/92

⑳ Anmeldungsdatum: 31.07.1992

㉔ Patent erteilt: 15.06.1999

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.06.1999

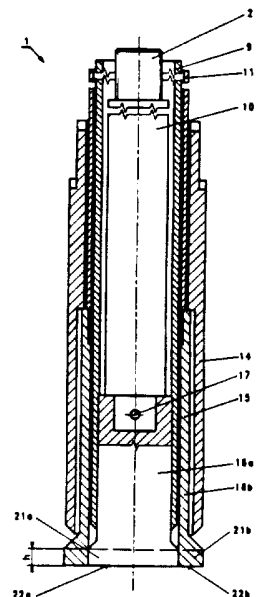
⑦③ Inhaber:
Raymond Andina, Im Grüt 18, 8902 Urdorf (CH)

⑦② Erfinder:
Andina, Raymond, Urdorf (CH)

⑦④ Vertreter:
Troesch Scheidegger Werner AG, Siewerdstrasse 95,
Postfach, 8050 Zürich (CH)

⑤④ **Penetrations-Verfahren zum Ermitteln der Konsistenz eines Untergrundes.**

⑤⑦ Für die Ermittlung der Konsistenz bzw. Beschaffenheit eines Untergrundes oder Erdreiches bzw. um denselben zu klassieren, wird die Permeabilität in den jeweils zu beurteilenden Schichten des Untergrundes bzw. des Erdreiches gemessen. Als wesentliche Kenngrösse wird dabei der Konsolidierungsgrad bzw. der sog. Porenwasserüberdruck gemessen. Zu diesem Zweck wird eine Penetrationsvorrichtung (1) verwendet, deren Messsonde eine abgeflachte Sondenspitze (16, 21) aufweist.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln der Konsistenz bzw. der Beschaffenheit eines Untergrundes oder Erdreiches bzw. zum Klassieren desselben sowie eine Penetrationsvorrichtung für das Ermitteln der Konsistenz bzw. Beschaffenheit eines Untergrundes oder Erdreiches bzw. zum Klassieren desselben.

Verfahren zum Klassieren von Untergründen bzw. von Erdreich und zum Ermitteln der Beschaffenheit bzw. Konsistenz, wie Festigkeit, Dichte, Kompaktheit, Widerstand, Viskosität usw., sind bekannt. So beschreibt das Schweizer Patent 466 154 eine Penetrations- bzw. Bohr- oder Sondier Vorrichtung sowie ein Verfahren zum Messen und Ermitteln der obgenannten Faktoren von einem Untergrund bzw. von einem Erdreich. Eine Weiterentwicklung der genannten Vorrichtung ist im Schweizer Patent 679 887 beschrieben.

Die gemäss diesen Patentschriften bekannten Verfahren sowie Penetrationsvorrichtungen und Messsonden arbeiten mit dem Prinzip, dass das zu beurteilende Material bzw. die entsprechende Schicht mittels einer konisch ausgebildeten Sondenspitze durchdrungen wird, wobei einerseits der Widerstand auf die Sondenspitze gemessen wird, im weiteren die Reibung bzw. der Widerstand an einem die Sondenspitze umgebenden Rand- oder Mantelbereich, sowie letztendlich die Reibung bzw. der Widerstand am hinter der Spitze die Sonde einhüllenden Mantelrohr. Die Reibung bzw. der Widerstand am Randbereich der Spitze sowie am Mantelrohr entsteht vornehmlich durch seitliches Verdrängen des zu durchdringenden Materials, womit sich je im Randbereich der Spitze sowie unmittelbar dahinter eine stark verdichtete Zone in der zu beurteilenden Schicht ergibt.

Aufgrund dieser drei Messwerte kann auf die Beschaffenheit bzw. Konsistenz des Untergrundes geschlossen werden, wobei die Genauigkeit der ermittelten Werte limitiert ist, indem insbesondere die beiden letztgenannten Widerstands- bzw. Reibungsmesswerte relativ ungenau sind, indem die Verdrängung des Materials kaum gleichmässig erfolgt und zudem stark von der im Untergrund vorhandenen Feuchtigkeit beeinflusst wird. Zudem handelt es sich hierbei um eine durch künstlich kurzzeitig aufgebaute Spannung im Boden beeinflusste Grösse. Dazu kommt, dass die Messung der letztgenannten Widerstände bzw. der Reibung am Sondenkranz bzw. am Mantelrohr aufwendig und kompliziert ist, muss doch die Sonde derart konstruiert sein, dass eine voneinander unabhängige Messung von mindestens zwei bzw. drei Messwerten möglich ist.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Messmethode vorzuschlagen, mittels welcher es auf einfache Art und Weise möglich ist, möglichst genau die Konsistenz bzw. die Beschaffenheit eines Untergrundes bzw. eines Erdreiches zu ermöglichen.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe mittels eines Verfahrens gemäss dem Wortlaut nach Anspruch 1 gelöst.

Erfindungsgemäss wird vorgeschlagen, die Be-

schaffenheit bzw. Konsistenz des Untergrundes durch Messen der sog. Konsolidation (auch Konsolidierung genannt) des Untergrundmaterials zu ermitteln. Zu diesem Zweck wird nicht nur, wie allgemein üblich, eine spitzenförmige Messsonde verwendet, sondern bevorzugt eine Messsonde mit einer stumpfen «Spitze», bzw. die Sondenspitze ist zylindrisch ausgebildet mit einer flachen Spitzen- bzw. Frontfläche. Dadurch wird nun beim Eindringen der Sonde das zu klassierende Material im Untergrund nicht mehr durch die Spitze seitlich verdrängt, sondern die flache Spitze «schiebt» quasi das Material vor sich her. Damit wird aber beim Messen des Gegendruckes auf die Spitze nicht mehr die Kohäsion des Materials gemessen, sondern die Permeabilität des Materials. Ein wesentlicher Faktor für die Durchlässigkeit bzw. die Konsolidation des Untergrundes ist der sog. Porenwasserüberdruck, d.h. der in den Poren des Materials herrschende hydrostatische Druck, der sich aufgrund der effektiven oder imaginären Feuchtigkeit im Untergrund beim Eindringen der Sonde einstellt. Aufgrund der Kapillarwirkung im Untergrund stellt sich in unseren Breiten praktisch immer eine gewisse Wassersättigung ein, womit der damit verbundene sog. Porenwasserüberdruck ein repräsentatives Mass für die Permeabilität oder Konsolidierung und, damit verbunden, für die Konsistenz des Untergrundmaterials darstellt.

Es versteht sich von selbst, dass beispielsweise ein Erdreich, dessen Hohlräume mit Wasser gefüllt sind, nur verdichtet werden kann, wenn das Porenwasser entweichen kann. Bei Tonen, beispielsweise, sind die Poren sehr eng und setzen daher dem Strömen des Wassers einen grossen Widerstand entgegen. Das Porenwasser kann also bei einer Belastung nur langsam entweichen, wobei der dadurch im Wasser entstehende Druck als Porenwasserüberdruck bezeichnet wird.

Diese offenbar wesentliche Grösse für die Klassierung des Untergrundes bzw. für die Ermittlung der Konsistenz oder Beschaffenheit des Untergrundes wird erfindungsgemäss durch die Verwendung vorzugsweise einer flachen Sondenspitze nebst einer konischen erreicht. Ein Messen dieses charakteristischen Konsolidationsgrades bzw. Porenwasserüberdruckes ist mit den herkömmlichen Messmethoden, wie beispielsweise mit den üblicherweise verwendeten konischen Sondenspitzen nur erschwert möglich.

Für das Ermitteln des Porenwasserüberdruckes bzw. der Permeabilität wird, wie erfindungsgemäss beansprucht, eine Penetrationsvorrichtung verwendet, welche an ihrem ins Erdreich voranzutreibenden Ende bzw. an ihrer Spitze eine Sonde aufweist, vorzugsweise mit einer abgeflachten Oberfläche bzw. in Sondenspitze. Die Sonde wird nun mit einer bestimmten Vorantriebsgeschwindigkeit ins Erdreich bzw. den Untergrund nach bekannter Art und Weise getrieben, wie beispielsweise bekannt aus den beiden vorab genannten Schweizer Patenten. An einer bestimmten Stelle wird der auf die flache Spitze herrschende Gegendruck bzw. die Gegenkraft durch den Untergrund gemessen (R_pV = Spitzenwiderstand bei Geschwindigkeit V = Bruchwiderstand),

worauf unmittelbar nach der erfolgten Messung die Penetrationsvorrichtung gestoppt wird. Bei erfolgtem Anhalten wird erneut der Gegendruck auf die Bohrsondenspitze gemessen (R_{pO} = Spitzewiderstand beim Anhalten = Bodenwiderstand).

Wie oben erklärt, wird beim kontinuierlichen Vordringen der Bohrsonde die im Untergrund herrschende Feuchtigkeit in die Umgebung verdrängt, wobei diese Verdrängung abhängig ist von der Konsistenz und Durchlässigkeit des Untergrundmaterials. Beim Stoppen der Penetrationsvorrichtung stellt sich sofort je nach der Konsistenz und Durchlässigkeit des durchdringenden Materials eine Entspannung des Gegendruckes ein, da ja die im Untergrund herrschende Feuchtigkeit je nach Durchlässigkeit des Materials verdrängt wird und somit ein Druckabbau stattfindet. Dabei ist es aufgrund der sehr genauen Messgeräte nun möglich, die zeitliche Staffelung zwischen den beiden oder mehreren zeitlich abgestuften Messungen derart zu wählen, dass eine gewisse Entspannung des Gegendruckes aufgrund der Feuchtigkeit im Untergrund eintreten kann und die aufgrund des Konsolidationsgrades bestimmt werden kann. Nach Messen der beiden genannten Gegendrucke auf die Bohrsondenspitze wird die Penetrationsvorrichtung wiederum mit der vorab angegebenen bestimmten Geschwindigkeit weiter in den Untergrund getrieben.

Durch die jeweiligen Messwerte an den jeweiligen Messstellen im Untergrund und durch die Geometrie der Bohrsondenspitze kann nun der Konsolidationsgrad an der entsprechenden Stelle ermittelt werden. Der Porenwasserüberdruck ist proportional zur Differenz zwischen dem bei der bestimmten Geschwindigkeit der Penetrationsvorrichtung auf die Messsonde herrschenden Gegendruck (Bruchwiderstand) und dem Gegendruck bei angehaltener Messvorrichtung (Bodenwiderstand) sowie proportional zum Sondenquerschnitt und umgekehrt proportional zum Volumen der Sondenspitze, wobei auf die Errechnung des Sondenspitzenvolumens unter Bezug auf die nachfolgend angefügten Figuren noch näher einzugehen ist.

Durch Vergleichen der ermittelten Werte für den Porenwasserüberdruck mit einer geeichten Vergleichsskala ist eine Klassierung des Bodens möglich. Der Vorteil dieser Messmethode liegt darin, dass einerseits das Führen der Penetrationsvorrichtung mit ihrer Sonde in den Untergrund einfacher wird, da die bei spitzigen Messsonden auftretende seitliche Auslenkung, die sich oft bei Penetrationsvorrichtungen einstellt, wegfällt. Zudem ist die Messmethode eindeutig, ergibt sich doch bei der Verwendung einer flachen Spitze immer ein Spitzenwinkel von 180° und nicht, wie bei der Verwendung einer konischen Spitze, einmal ein Winkel von 60° , einmal ein Winkel von 90° und letztendlich wiederum ein anderer Winkel von 130° . Zudem ist es nicht möglich, Messwerte mit verschiedenen konischen Spitzen zu vergleichen, da eine Umwandlung mittels des Korrekturfaktors nicht möglich ist. Es ist daher nicht verwunderlich, dass international mittels üblich verwendeten Penetrationvorrichtungen ermittelte Werte der Beschaffenheit eines Untergrundes

nicht miteinander verglichen werden können, da jeweils andere Sondenspitzenwinkel verwendet werden. Zudem basieren diese Werte auf Ermittlung der Kohäsion des Untergrundmaterials.

5 Letztendlich hat es sich auch gezeigt, dass auf die Berücksichtigung der seitlichen Reibung auf die Penetrations- bzw. Bohrsonden weitgehendst verzichtet werden kann. Allerdings ermöglicht auch diese Methode die Verwendung beispielsweise eines
10 Mantelrohres, welches die Penetrations- bzw. Bohrsonden umgibt, an welchem Mantelrohr getrennt die sog. seitliche Reibung beim Vordringen der Bohrsonde in den Untergrund, falls erwünscht oder notwendig, gemessen werden kann.

15 Entsprechend wird erfindungsgemäss weiter eine Penetrationsvorrichtung vorgeschlagen gemäss dem Wortlaut nach Anspruch 6.

20 Weitere bevorzugte Ausführungsvarianten der Penetrationsvorrichtung sind in den abhängigen Ansprüchen 7 bis 12 charakterisiert.

Die Erfindung wird nun anschliessend und unter Bezug auf die beigefügten Figuren näher erläutert. Dabei zeigen:

25 Fig. 1 schematisch im Längsschnitt eine erfindungsgemässe Penetrationsvorrichtung, insbesondere eine erfindungsgemässe Sonde, mit Stange und Mantelrohr für getrennte Messungen,

30 Fig. 2 schematisch im Längsschnitt dargestellt eine Sondenspitze einer herkömmlichen Penetrationsvorrichtung,

Fig. 3 im Längsschnitt eine bevorzugte universelle Ausführungsvariante einer erfindungsgemässen Penetrationsvorrichtung mit zentraler Sonde, und

35 Fig. 4 eine oberhalb des Erdreiches angeordnete, schematisch dargestellte Messeinrichtung im Längsschnitt.

40 In Fig. 1 ist schematisch im Längsschnitt eine Penetrationsvorrichtung 1 dargestellt, im wesentlichen umfassend Bohr- bzw. Penetrationssonde 2 und, frontseitig angeordnet, eine Messsonde 16, welche über einen Spannstift 17 mit der oder den Penetrations- bzw. Bohrsonde 2 verbunden ist. Sowohl Penetrations- bzw. Bohrsonde 2 wie auch die Sonde 16 sind zylindrisch ausgebildet. Die Sonde 16 weist an ihrem Frontende bzw. an ihrer Spitze 21 eine flache Oberfläche 22 auf. Zudem weist die Frontpartie 21 einen gegenüber dem dahinterliegenden Bereich der Sonde vergrösserten Durchmesser auf. Die Zone mit vergrössertem Durchmesser weist eine Höhe h auf. Schlussendlich sind sowohl Sonde wie Penetrations- und Bohrstangen in einem Mantelrohr 9 eingehüllt.

55 Beim Eindring- bzw. Penetrationsvorgang in den Untergrund wird die flache Bohrsondenspitze 22 in den Untergrund getrieben, wodurch das durch die Sonde zu beurteilende bzw. klassierende Material in Pfeilrichtung vor der Sonde hergeschoben wird oder ggf. seitlich verdrängt wird. Dabei wesentlich ist, dass die dabei im Wasser real oder imaginär herrschende Feuchtigkeit, welche sich infolge der Kapillarwirkung aus dem Grundwasser her einstellt, nach unten und seitlich verdrängt wird. Dieser sich einstellende Wasserdruck bzw. der Porenwasserüber-
65

druck ist ein Mass für die Konsistenz bzw. Zusammensetzung oder die Durchlässigkeit des zu beurteilenden Materials.

In Fig. 2 ist zum Vergleich eine herkömmliche Penetrationsvorrichtung bzw. eine Bohrsondenspitze im Längsschnitt dargestellt, wobei zum besseren Verständnis gleiche Teile im Vergleich zu Fig. 1 mit denselben Referenzzahlen versehen sind. Wie aus Fig. 2 deutlich erkennbar, weist die Bohr- bzw. Penetrations- oder Messsonde 16 eine konisch ausgebildete Spitze auf, wodurch beim Vorantreiben der Penetrationsvorrichtung in den Untergrund das zu beurteilende Material seitlich verdrängt wird. Damit kann aber nicht allein die Durchlässigkeit bzw. Permeabilität des Materials gemessen werden, denn das Messresultat wird im weiteren auch wesentlich durch die durch die Geometrie der Sondenspitze auftretende Kohäsion resp. Reibung beeinflusst. Weiter wird, wie schematisch mittels Pfeilen dargestellt, ersichtlich, dass sich das seitlich verdrängte Material seitlich hinter der Bohrsondenspitze am Mantelrohr anreichert, wodurch sich in dieser Zone eine Verdichtung einstellt. Damit wird aber, im Gegensatz zur Penetration der Bohrsonde von Fig. 1, die seitliche Reibung am Mantelrohr wesentlich, weshalb diese Grösse bei der Beurteilung bzw. bei der Klassierung des Materials ebenfalls mitzuberechnenden ist.

Im Vergleich von Fig. 1 zu Fig. 2 kann also festgehalten werden, dass mit der Penetrationsvorrichtung bzw. der Sonde von Fig. 1 die Durchlässigkeit bzw. Permeabilität des Untergrundes gemessen wird, währenddem mit der Penetrationsvorrichtung von Fig. 2 im wesentlichen die Kohäsion und Reibung des zu beurteilenden Materials gemessen wird.

In Fig. 3 ist eine bevorzugte universelle Ausführungsvariante einer erfindungsgemässen Penetrationsvorrichtung 1 im Längsschnitt dargestellt. Wiederum ist frontseitig an Penetrations- bzw. Bohrsonden 2 und 10 eine Messsonde 16 angeordnet, verbunden über einen Spannstift 17 mit der unmittelbar hinter der Sonde angeordneten zentralen Sondier- bzw. Penetrationsstange 10.

Gemäss der Ausführungsvariante von Fig. 3 ist die Sonde 16 zweiteilig ausgebildet, umfassend zwei koaxial zueinander angeordnete Parteien, nämlich eine zentrale Sondenpartie 16a und eine äussere ringförmige Partie 16b. Analog zur Ausbildung der Sonde von Fig. 1 weisen beide Teile eine frontseitig ausgebildete, zylinderförmige Partie 21a bzw. 21b auf, welche vorzugsweise einen gegenüber der dahinterliegenden Partie der Sonde verbreiterten Durchmesser aufweist. Die frontseitigen Parteien bzw. Frontflächen 22a und 22b der beiden Sondenpartien 16a und 16b sind aufeinander ausgerichtet und bilden somit in der dargestellten Ausführung gemäss Fig. 3 eine einzige ebene Fläche 22.

Die zentralen Sondier- bzw. Penetrationssonde 2 bzw. 10 werden von einem zentralen Sondenmantelrohr 9 eingehüllt, welches ebenfalls die zentrale Partie 16a der Sonde eingehüllt. Die äussere Partie 16b der Sonde wird von einem Hüllrohr bzw. Schaft 11 getragen bzw. gehalten, welches seinerseits das Mantelrohr 9 eingehüllt. Diesen Schaft 11 eingehüllend sowie die frontseitige ringförmige Sondenpartie 16b

einhängend ist ein weiterer Schaft bzw. ein Mantelrohr 14 angeordnet, in welchem gleitend die äussere Sondenpartie 16b angeordnet ist.

Der oben erwähnte Spannstift 17 kann nach Beendigung der Bohrung durchbrochen werden, wenn ein Zurückziehen der Sonde 16 nicht mehr möglich ist. Durch das Zerstoren dieser Spannstiftverbindung können sämtliche Hüllen und Penetrations- bzw. Bohrstangen an die Erdoberfläche zurückgezogen werden.

Für das Durchführen der Penetrationssondierung bzw. für das Ermitteln der Konsistenz oder Beschaffenheit des Untergrundes wird die Penetrationsvorrichtung 1 gemäss Fig. 3 durch geeignete Antriebsmittel in den Untergrund vorangetrieben. Auf die Darstellung und die Beschreibung derartiger Antriebsmittel kann verzichtet werden, da sie bereits aus den beiden oben erwähnten Schweizer Patenten hinlänglich bekannt sind, sowie aus der noch hängigen französischen Patentanmeldung 9 112 256.

Die Penetrationsvorrichtung 1, umfassend die zweiteilige Sondierspitze, wird mit einer bestimmten konstanten Vortriebsgeschwindigkeit in den Untergrund vorangetrieben, wobei an sich nachfolgenden Messstellen der Gegendruck bzw. die Gegenkraft auf die flache Oberfläche 22 der Sondenspitze 21 gemessen wird. Die Messung dieser Gegenkräfte erfolgt an der Erdoberfläche und ergibt sich aus der Kraftübertragung von der Sonde über die dahinterliegenden Sondier- bzw. Penetrationsstangen, womit diese Gegenkraft an der Erdoberfläche gemessen werden kann.

An diesen Messstellen wird jeweils der Penetrationsvorgang für kurze Zeit unterbrochen, wobei kurz nachfolgend an die Messung im bewegten Zustand eine weitere Messung des Gegendruckes unmittelbar beim Anhalten der Penetrationsvorrichtung erfolgt. Die Beschaffenheit bzw. die Konsistenz des Untergrundes wird nun durch diese sog. Permeabilitäts- oder Durchlässigkeitsmessung bestimmt, indem die Differenz zwischen den beiden erwähnten Gegendruckmessungen gebildet wird. Der Porenwasserdruck ergibt sich aus der nachfolgenden Gleichung:

$$(R_{pv} - R_{pO}) \cdot \text{Sondenquerschnitt} : \text{Sondenspitzenvolumen}$$

Bei R_{pv} handelt es sich um die Messung des sog. Bruchwiderstandes im bewegten Zustand, beispielsweise bei einer Geschwindigkeit von 2 cm/s. Bei R_{pO} handelt es sich um den Gegendruck, den sog. Bodenwiderstand, im Stillstand, und beim Sondenquerschnitt handelt es sich um denjenigen, dargestellt in Fig. 3. Das Sondenspitzenvolumen ergibt sich aus der Fläche 22, multipliziert mit der Höhe h gemäss Fig. 3.

Sollte aufgrund der Bodenbeschaffenheit, wie beispielsweise beim Vorhandensein von grobkörnigem Material oder vereinzelt Steinen, die äussere Reibung ein wesentlicher Faktor darstellen, so besteht mit der Konstruktion der Penetrationsvorrichtung gemäss Fig. 3 die Möglichkeit, den Widerstand bzw. die Reibung am äusseren Mantel 14 zu messen.

Wird nun aber eine Stelle erreicht, wo die Penetrationsvorrichtung 1 nicht mehr ohne weiteres mit der bestimmten konstanten Geschwindigkeit weiter vorangetrieben werden kann, beispielsweise infolge lehmigen oder sehr kompakten Untergrundes, so kann analog der Penetrationsvorrichtung gemäss der CH-PS 679 887 der weitere Vorantrieb nur unter Verwendung der zentralen Sonde 16a weiter erfolgen. Dadurch wird die Frontsondenoberfläche wesentlich verkleinert, wodurch sich natürlich auch ein verringerter Widerstand auf die Frontpartie 22a der zentralen Sonde 16a einstellt. Zu diesem Zweck erfolgt die weitere Penetration nur noch durch Vorantreiben der zentralen Sonde 16a, gegebenenfalls zusammen mit dem die mittige Sondenpartie 16a einhüllenden Mantelrohr 9, womit weiterhin die Möglichkeit besteht, zusätzlich zum Widerstand auf die Frontpartie 22a die seitliche Reibung auf das Mantelrohr 9 zu messen.

Analog zur oben angeführten Gleichung werden wiederum an sich nachfolgenden Messstellen sowohl der Widerstand bei bewegter wie bei ruhender Penetrationsvorrichtung auf die Sonde 16a gemessen und der Porenwasserdruck analog bestimmt, wobei in diesem Fall der Sondenquerschnitt dem Querschnitt der Frontpartie 22a entspricht und das Sondenspitzenvolumen = Querschnittsfläche 22a · h.

Die bei den jeweiligen Messungen ermittelten Werte für den Porenwasserdruck werden nun mit entsprechenden Eichkurven verglichen, bei welchen der Porenwasserdruck in Abhängigkeit von verschiedenen Vorantriebsgeschwindigkeiten für bestimmte Beschaffenheiten bzw. Konsistenzen von Untergründen bzw. von Erdrücken aufgezeichnet bzw. aufgelistet ist. Anhand der mittels der Messung ermittelten Werte und der Vorantriebsgeschwindigkeit kann so anhand der Eichkurven sofort auf die Konsistenz bzw. Beschaffenheit des Untergrundes geschlossen werden.

Somit erfolgt die Beurteilung der Beschaffenheit bzw. der Konsistenz des Untergrundes nicht anhand der Kohäsion des Untergrundmaterials, sondern aufgrund der Permeabilität bzw. Durchlässigkeit des Materials bzw. aufgrund des Porenwasserdruckes, welcher in diesem Material herrscht. Bei Blockierung der Penetrationsvorrichtung infolge einer nur schwer durchdringbaren Schicht kann der Vorantrieb statt sog. statisch mit gleichbleibender Geschwindigkeit auch sog. dynamisch erfolgen, wie beispielsweise in der CH-PS 679 887 beschrieben.

Anhand von Fig. 4, letztendlich, soll aufgezeichnet werden, wie die Messung einerseits des Widerstandes auf die Messsonde 16 erfolgt, wie auch andererseits, unabhängig davon die Messung der Reibung auf das die Sonde umgebende Mantelrohr erfolgt. An sich ist die Messung von mehreren Werten bei der Penetration einer Penetrationsvorrichtung unabhängig voneinander bereits aus den beiden obgenannten Schweizer Patenten bekannt und in diesen eingehend beschrieben, doch soll an dieser Stelle unter Bezug auf die schematische Darstellung der Messvorrichtung der Vorgang noch einmal kurz skizziert werden.

Gemäss der schematischen Darstellung in Fig. 4 wirkt eine zentrale Gesamtlast 31 für das Vorantrei-

ben der Penetrationsvorrichtung in den Untergrund. Diese Gesamtlast 31 wirkt primär auf eine Traverse 33, wobei mittels Längsstangen 35 und einer weiteren Quertraverse 37 die Last auf die zentrale Sonde bzw. auf die Sonde 2 und das die zentrale Sonde umgebende Mantelrohr 9 übertragen wird. Die Übertragung erfolgt über ein zentrales Kopfteil 39 der Sonde. Durch das Anbringen einer Messbox 43 zwischen die erwähnte Traverse 37 und einer weiteren Traverse 36 kann die Widerstandskraft bzw. Gegenkraft auf die Sonde im Untergrund gemessen werden.

Über eine weitere Traverse 43 und Längsstangen 38 wird die Last auf ein Kopfteil 41 und somit auf das Mantelrohr 14 übertragen. Die am äusseren Mantelrohr 14 auftretende Reibung wird mittels einer weiteren Messbox 45 gemessen, die zwischen den beiden Traversen 33 und 34 angeordnet ist.

Die beiden Messboxen 43 und 45 können derart mit elektronischen Mess- und Auswertungseinrichtungen verbunden sein, dass jeweils automatisch an bestimmten Stellen des Vorantreibens der Penetrationsvorrichtung in den Untergrund zwei Messwerte aufgenommen und registriert werden, und zwar kurz vor und gerade beim Anhalten der Penetrationsvorrichtung. Die so gemessenen Werte werden wie oben beschrieben erfindungsgemäss ausgewertet.

Die unter Bezug auf die Fig. 1 bis 4 dargestellte erfindungsgemässe Penetrationsvorrichtung bzw. die Beschreibung des Vorganges bezieht sich selbstverständlich nur auf ein Beispiel, das auf x-beliebige Art und Weise modifiziert, abgeändert oder ergänzt werden kann. Wesentlich ist dabei, dass die Messung bzw. Ermittlung der Konsistenz des Untergrundes mittels Erfassen der Permeabilität bzw. des Konsolidationsgrades des Untergrundmaterials erfolgt. Dabei wird vorzugsweise eine flache Sondenspitze verwendet, wobei jedoch die Messung, wohl erschwert, auch mit einer herkömmlich konischen Sonde erfolgen kann. So können als weitere Anwendungsmöglichkeiten beliebig viele zeitlich abgestufte Messungen durchgeführt werden, um anhand bekannter Theorien z.B. den Durchlässigkeitsbeiwert o.ä. zu bestimmen.

Zusammenfassend sollen noch einmal die wesentlichen Vorteile im Vergleich zu den herkömmlichen Messmethoden angeführt werden:

Durch die Verwendung der erfindungsgemässen flachen Sondenspitze reduziert sich das Messverfahren weitgehendst auf das Messen eines einzigen Messwertes, nämlich auf den Widerstand auf die Sondenfläche. Seitliche Reibungen und Widerstandskräfte können oft vernachlässigt werden, da sie oft kaum ins Gewicht fallen.

Durch die Wahl einer flachen Sondenspitze und durch die Messung der Permeabilität ist es möglich, den sog. Konsolidationsgrad zu bestimmen.

Das mittels einer flachen Spitze «verschobene Volumen» ist wesentlich geringer als dasjenige bei Verwendung einer kegelförmigen bzw. konischen Spitze. Dies ergibt sich insbesondere aus der Oberfläche der Sondenspitze, die bei Wahl einer flachen Spitze wesentlich kleiner ist als die Oberfläche eines Kegelmantels. Somit entfallen auch allfällige

Korrekturfaktoren aufgrund der Wahl eines unterschiedlichen Kegelspitzenwinkels.

Für die Klassierung und Ermittlung der Konsistenz eines Untergrundes kann auf nur einen einzigen Wert, nämlich den Konsolidationsgrad, abgestellt werden.

Patentansprüche

1. Penetrationsverfahren zum Ermitteln der Konsistenz bzw. der Beschaffenheit eines Untergrundes oder Erdreiches bzw. zum Klassieren desselben, dadurch gekennzeichnet, dass die Permeabilität resp. der Porenwasserüberdruck in den jeweils zu beurteilenden Schichten des Untergrundes bzw. des Erdreiches gemessen wird.

2. Penetrationsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der für die Klassierung des Bodens bzw. des Untergrundes massgebende Porenwasserüberdruck durch Messen der Permeabilität mittels einer flachen Sondenoberfläche aufweisenden Sonde bestimmt wird.

3. Penetrationsverfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass für das Messen der Permeabilität eine im wesentlichen zylindrische Sonde mit flacher Oberfläche mit einer bestimmten Geschwindigkeit in den Untergrund vorangetrieben wird und an periodisch sich nachfolgenden Stellen der Widerstandsdruck bzw. die Widerstandskraft auf den Sondenkopf gemessen wird; an den jeweils sich nachfolgenden Messstellen das Vorantreiben unterbrochen wird, um unmittelbar beim Anhalten des Penetrationsvorganges erneut den Widerstandsdruck bzw. die Widerstandskraft auf die Sondenoberfläche zu messen, aus welchen jeweiligen beiden Messwerten an der einen Stelle sich die Konsolidierung bzw. die relative «Entspannung» des Bodens ergibt, welche massgebend ist für die Ermittlung des Porenwasserüberdruckes, worauf die Penetration bzw. Sondierung bis zur nachfolgenden Stelle mit der bestimmten Penetrationsgeschwindigkeit fortgesetzt wird.

4. Penetrationsverfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Konsolidationsgrad aufgrund der Beziehung: $(R_{pv} - R_{pO}) \cdot q$: Vol ermittelt wird, wobei R_{pv} = dem Gegendruck bzw. Widerstand ist auf die flache Sondenoberfläche bei einer bestimmten Penetrationsgeschwindigkeit v ; R_{pO} = dem Gegendruck bzw. dem Widerstand ist bei $v = 0$; q = dem Sondenquerschnitt ist und Vol = dem Volumen des Sondenendes, welches einen grösseren Durchmesser aufweist als die unmittelbar hinter der Sondenoberfläche angeordneten Sondenpartien bzw. als die in den Untergrund treibende Penetrationsstange.

5. Penetrationsverfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Sondenoberfläche mindestens zweiteilig ist, bestehend mindestens aus zwei koaxial zueinander angeordneten Partien, umfassend eine zentrale Sondenoberfläche mit reduziertem Querschnitt, wobei die Sondenpartien mit den beiden Sondenoberflächen aufeinander eine einzige Fläche bildend ausgerichtet bis zu einer Eindringtiefe gleichzeitig für die Durchführung der Messung der Permeabilität

vorangetrieben werden, bis ein Vorantreiben der Sonde mit der bestimmten Geschwindigkeit weitgehendst erschwert ist, worauf die zentrale Sondenpartie für die Fortführung der Messungen allein weiter mittels Penetration vorangetrieben wird.

6. Penetrationsvorrichtung zum Ermitteln der Konsistenz bzw. Beschaffenheit eines Untergrundes oder Erdreiches bzw. zum Klassieren desselben, gemäss dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, dass die Messsonde (16) eine im wesentlichen wenigstens nahezu flache Sondenoberfläche (22) aufweist und dass die Sonde (16) zylindrisch ausgebildet ist mit einem im Frontbereich (21) der Sonde vergrösserten Durchmesser.

7. Penetrationsvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Sonde (16) und die für das Vorantreiben der Sonde notwendigen Penetrationsstangen (2, 10) in einem Mantelrohr (9, 14) geführt sind.

8. Penetrationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Sonde (16) zwei im wesentlichen koaxial zueinander angeordnete Partien (16a, 16b) aufweist, wobei die zentrale Sonde (16a) gegenüber der diese ringförmig umgebenden Sondenhülle (16b) in Längsrichtung zur Penetrationsvorrichtung auslenkbar verschieblich angeordnet ist, um im Falle einer Blockierung der Sonde mit reduziertem Querschnitt weiter in den Untergrund vorangetrieben zu werden.

9. Penetrationsvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Sondenpartien bzw. die zentrale Sonde und die Sondenhülle (16a, 16b) im Bereich ihrer Oberfläche (21a, 21b) aneinander anliegend, eine einzige Fläche (22a, 22b, 22) bildend, angeordnet sind und im Bereich entfernt von der Oberfläche (21a, 21b) voneinander beabstandet sind, derart, dass die zentrale Sonde (16a) im durch den Abstand gebildeten Zwischenraum durch ein Mantelrohr (9) geführt ist, welches im Falle des Auslenkens bzw. des allein weiter Vorantreibens der zentralen Partie (16a) der Sonde ebenfalls mit weiter vorangetrieben werden kann.

10. Penetrationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass über der Erdoberfläche Messeinrichtungen (43, 45) vorgesehen sind, um den auf die Sondenoberfläche (22) wirkenden Gegendruck bzw. um die Widerstandskraft zu messen.

11. Penetrationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Messvorrichtungen (43, 45) vorgesehen sind, damit nebst dem Gegendruck bzw. der Widerstandskraft auf die Sondenoberfläche (22) auch die seitliche Reibung auf das Mantelrohr (9, 14) messbar ist.

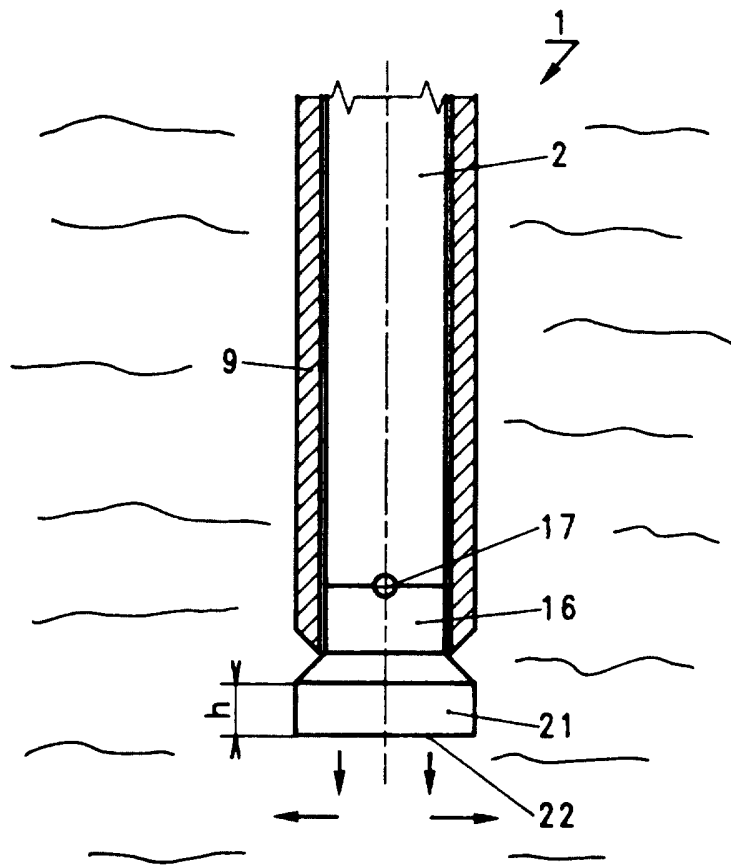


FIG. 1

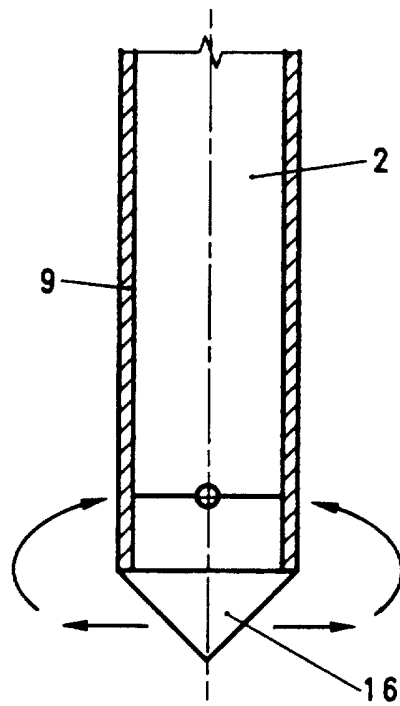
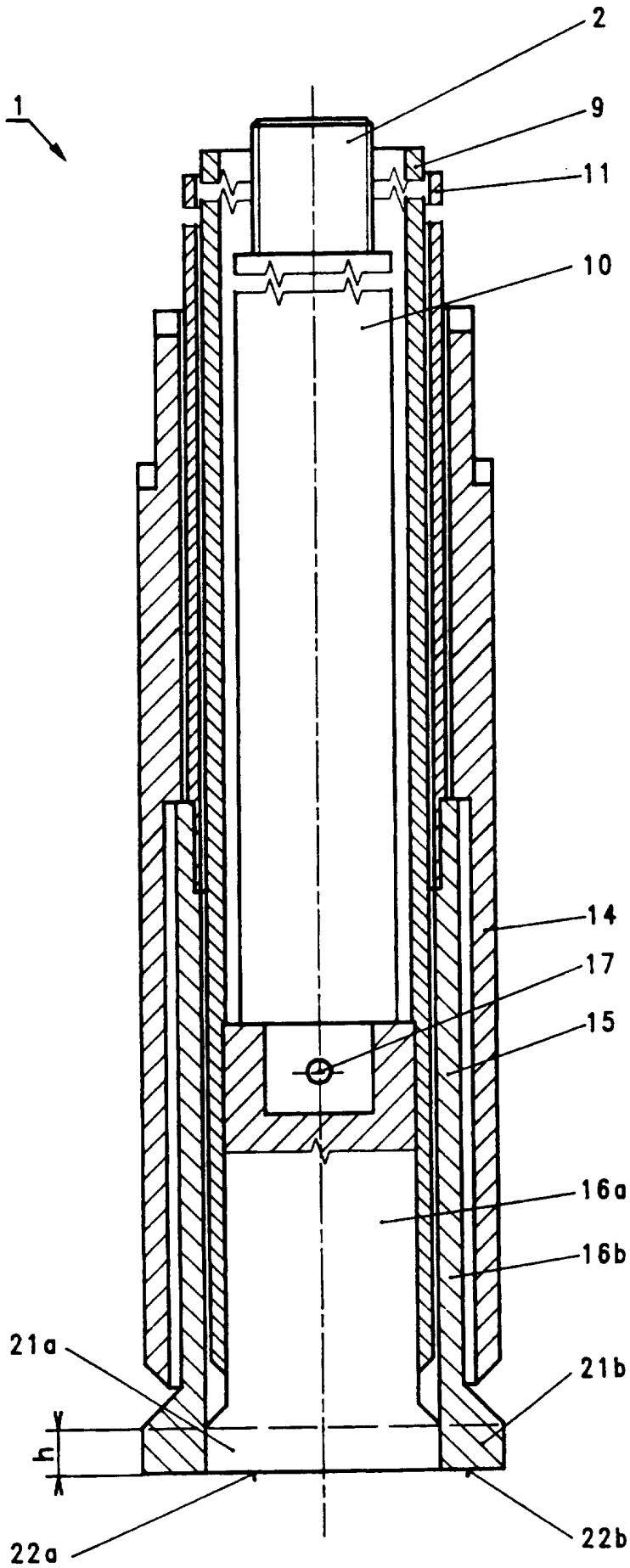


FIG. 2



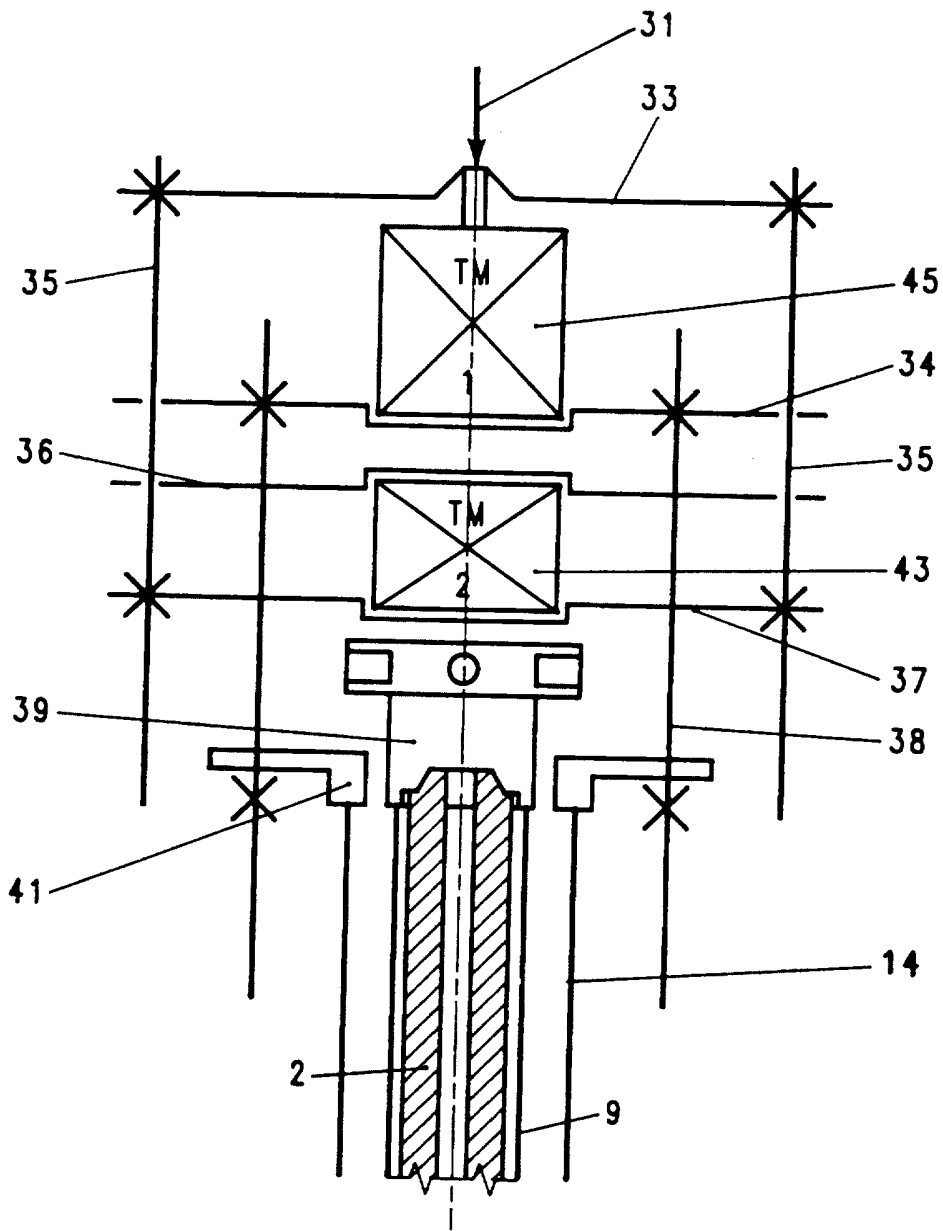


FIG. 4