



(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1121/91

(51) Int.Cl.⁵ : E21B 47/12

(22) Anmeldetag: 3. 6.1991

(42) Beginn der Patentdauer: 15.11.1993

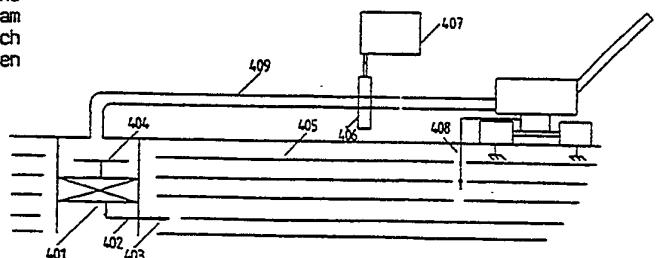
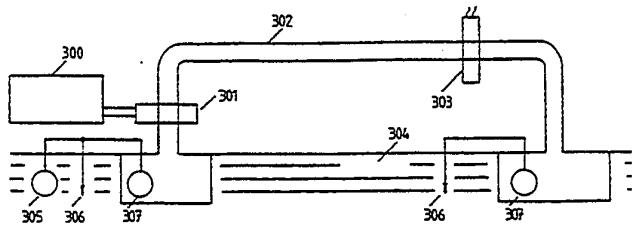
(45) Ausgabetag: 25. 7.1994

(73) Patentinhaber:

"UNIVERSALE" GRUNDBAU GESELLSCHAFT M.B.H.
A-1010 WIEN (AT).
BAUER SPEZIALTEIFBAU GESELLSCHAFT M.B.H.
A-1110 WIEN (AT).
NEUE REFORMBAU AKTIENGESELLSCHAFT
A-1110 WIEN (AT).

(54) DATENÜBERTRAGUNGSVERFAHREN FÜR GRAB- UND ERDBOHRGERÄTE SOWIE FÜR
BOHRLOCHFÖRDERUNGSEINRICHTUNGEN

(57) Die Erfindung betrifft ein Datenübertragungsverfahren für Grab- und Erdbohrgeräte sowie für Bohrlochförderungseinrichtungen, wobei leitfähige Flüssigkeiten als Übertragungsmedium verwendet und die mechanischen Elemente der Grabgeräte und Bohrlochförderungseinrichtungen zur Datenübertragung miteinbezogen werden. Die Signale werden mittels eines Senderringkernes 301 oder einer geeigneten Elektrodenanordnung in die leitfähige Flüssigkeitssäule 302 eingespeist, sodaß ein Stromfluß in der Flüssigkeit erzwungen wird, der an geeigneter Stelle mit einer Empfangstoroidspule 303, welche die Flüssigkeitssäule 302 umschließt, detektiert werden kann. Der Stromkreis wird durch die leitfähige Flüssigkeit 302 allenfalls unter Zuhilfenahme von zusätzlichen mechanischen Einrichtungen 305, 306, 307 geschlossen. Die Elektronik und die Akkumulatoren des Senders sind in einem druckfesten und stoßgestützten Gehäuse 300 am unteren Ende der Übertragungsstrecke montiert. Durch geeignete konstruktive Maßnahmen kann dieses Verfahren auch bidirektional angewendet werden.



B
AT 397 833

Die Erfindung betrifft ein Datenübertragungsverfahren für Grab- und Erdbohrgeräte sowie für Bohrlochförderungseinrichtungen, wobei leitfähige Flüssigkeiten zumindest teilweise als Übertragungsmedium verwendet werden.

Im Zuge der Verwendung der oben angeführten Geräte und Einrichtungen werden häufig elektrisch 5 leitfähige Spülflüssigkeiten, leitfähiges, flüssiges Fördergut oder Stützsuspensionen verwendet. Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe bestand darin, ein Verfahren zur Übertragung von Daten wie beispielsweise beliebiger Meßgrößen oder Steuergrößen anzugeben, das ohne zusätzlichen Aufwand für Übertragungseinrichtungen auch bei elektrisch nicht leitfähigen Rohren, Schläuchen oder sonstigen Gestängen durchführbar ist.

10 Erfindungsgemäß wird dazu mittels eines Senderingkernes, der einen Schlauch, in welchem sich die leitfähige Flüssigkeitssäule befindet, umschließt, ein Sendestrom in der leitfähigen Flüssigkeit erzwungen, der an geeigneter Stelle mit einer Empfangstoroidspule, die ebenfalls den Schlauch umgibt, detektiert werden kann, wobei der Stromkreis, sofern selbiger nicht über die Flüssigkeit geschlossen ist, durch sende- und empfangsseitige Erdung der Flüssigkeitssäule geschlossen ist. Damit können verschiedene physikalische 15 Größen, die durch geeignete Meßwertaufnehmer ermittelt werden, beispielsweise Druck, Temperatur, Neigungswinkel, etc. übertragen werden, ohne daß zusätzliche beschädigungsanfällige Einrichtungen selbst bei elektrisch nicht leitfähigen Verbindungselementen nötig wären. Darüberhinaus kann durch eine geeignete Anordnung auch eine bidirektionale Übertragungsstrecke, welche eine Datenkommunikation zwischen 20 beispielsweise am Bohrkopf und an der Erdoberfläche befindlichen Geräten ermöglicht, realisiert werden. Somit erlaubt das erfindungsgemäße Verfahren unter anderem prozeßrechnergesteuerte Grab- und Bohrvorgänge.

Unter Erzielung derselben Vorteile wie zuvor beschrieben werden erfindungsgemäß bei zumindest teilweiser Verwendung von leitfähigen Flüssigkeiten als Übertragungsmedium, Signale zwischen Erde und leitfähiger Flüssigkeit mittels Elektroden eingekoppelt, wobei der Stromkreis durch die leitfähige Flüssigkeit 25 und das Erdreich gebildet wird, und der Stromfluß mittels einer Toroidspule, die den mit leitender Flüssigkeit gefüllten Schlauch umschließt, detektiert wird. Erfindungsgemäß wird der Strom also in die leitfähige Flüssigkeitssäule entweder induktiv über eine Ringspule, durch welche die Flüssigkeitssäule gleitet wird, eingekoppelt, oder die Einkopplung erfolgt über eine geeignete Elektrodenanordnung. Vorzugsweise wird z.B. der Bohrkopf und ein Teil des Bohrgestänges zur Einkopplung herangezogen, wobei diese 30 Teile ohne Modifikation als Elektroden verwendet werden können.

Soll die Datenübertragung über große Entfernungen erfolgen, so werden zweckmäßigerweise mehrere Übertragungsstrecken hintereinander geschaltet, wobei das Signal in jeder Teilstrecke von einer Empfangsspule aufgenommen, in eine andere Frequenzlage transponiert und anschließend verstärkt in eine Sendespule eingekoppelt wird. Die Sende- und Empfangsspule einer Teilstrecke, deren Wicklungen auf einem 35 Kunststoffkörper aufgebracht sind, werden von einem stabilen Kunststoffgehäuse geschützt. Die Spulen werden so angeordnet, daß sie die Flüssigkeitssäule möglichst eng umfassen, um Verluste durch Streufluß zu minimieren. Die Stromversorgung einer Teilstrecke wird am besten mit Hilfe von Akkumulatoren, die im Inneren des Bohrgestänges in einem entsprechenden Gehäuse mit dazugehöriger Elektronik angeordnet sind, vorgenommen.

40 Wenn gemäß einem zusätzlichen Merkmal der Erfindung eine Elektrode des Sendegerätes mit Erde verbunden ist und die zweite großflächige Elektrode den elektrischen Übergang zur leitfähigen Flüssigkeit ermöglicht, wobei die zweite Elektrode von der ersten und von Erde vorzugsweise isoliert ist, gestattet dies in einfacher Weise die Einspeisung von Signalen ohne Senderingkern.

Andererseits kann zur Erzielung des selben Effektes die Elektroden-Einkoppelung über den Bohrkopf 45 und den elektrisch vom Bohrkopf getrennten Gestängeabschnitt oberhalb des Bohrkopfes erfolgen, wobei eine Elektrode über Kabel und Schelle an den metallischen Bohrkopf geleitet wird und jener somit den Erder darstellt, während die zweite Elektrode über Kabel und Schelle an den elektrisch vom Bohrkopf isolierten Gestängeabschnitt geleitet wird, wodurch die Einkoppelung des Stromes in die Flüssigkeit erfolgt.

Bei stationären Betrieb des Sendegerätes erfolgt die Erdung des Sendegerätes vorteilhafterweise durch 50 ein Erdungskabel und einen Erdungsspieß, wodurch der Kontakt mit dem Erdreich besonders innig ist.

Andernfalls kann zur Erhaltung der Beweglichkeit die Erdung durch das Bohrgerät erfolgen, das seinerseits über innigen Kontakt mit dem Erdreich verfügt.

Falls der innige Kontakt mit dem Erdreich über das Bohrgerät selbst nicht möglich sein sollte, ist 55 vorteilhafterweise vorgesehen, daß die Erdung mittels einer mechanischen Einrichtung am Bohr- oder Pumpgerät erfolgt, die den innigen Kontakt mit dem Erdreich ermöglicht.

Schließlich kann vorteilhafterweise noch vorgesehen sein, daß die Erdung durch eine großflächige Bezugselektrode am Behälterrand erfolgt, sofern die Flüssigkeit in einem Behälter aufbewahrt wird.

In der nachfolgenden Beschreibung werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt die Fig. 1 eine aus drei Teilstrecken zusammengesetzte Übertragungsstrecke des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Fig. 2 zeigt das Blockschaltbild einer Teilstrecke der Fig. 1. Fig. 3 zeigt schematisch den Aufbau für das Übertragungsverfahren mit induktiver Einkoppelung. In Fig. 4 ist eine Variante des Verfahrens mit einer Einkoppelung mittels Elektroden dargestellt und Fig. 5 zeigt das elektrische Ersatzschaltbild der Übertragungsanordnung.

Fig. 1 zeigt schematisch den Aufbau eines Bohrkopfes samt Bohrgestänge. Im Gestänge 1 sind in einem gepanzerten, druckdichten Gehäuse 3 die Elektronik und die Akkumulatoren untergebracht. Die beispielsweise in einem Gestänge 1 befindliche Flüssigkeitssäule wird von einer Empfangsspule 2 und einer Sendespule 4 umschlossen. Das Gestänge kann entweder mit den Spulen nachgerüstet werden, wobei die Spulen durch ein entsprechendes Gehäuse geschützt werden müssen, oder aber sie werden mit einer entsprechenden Vergußmasse starr in einem nichtferromagnetischen Gehäuse mit dem Gestänge zu einer Einheit verbunden.

In Fig. 1 sind drei Teilübertragungsstrecken angeführt, wonach in der ersten Teilstrecke die Empfangseinrichtung durch die Meßelektronik ersetzt wird. Nach der letzten Teilstrecke kann das Signal an der Spule 5 abgenommen werden. Die Empfangsspule 5 wird an der Erdoberfläche angeordnet sein, wobei diese vorteilhafterweise nicht unbedingt starr mit dem Gestänge verbunden sein muß. Das Rohr oder Gestänge muß keine elektrisch durchgehende Verbindung aufweisen. Die üblicherweise notwendigen Überbrückungen der Flansche mittels Kabel oder induktiver Koppelemente entfallen damit ebenso. Schließlich werden die in Spule 5 aufgenommenen Signale dem stationären Verarbeitungsgerät 6 zugeführt.

Sollen mit einem Übertragungsverfahren Daten von der Erdoberfläche an den Bohrkopf übermittelt werden, so werden die Daten vom Sendegerät 7 in die Sendespule 8 eingekoppelt und über die beispielsweise im Gestänge transportierte Flüssigkeit zum Bohrkopf weitergeleitet. Der zuvor nichtbenutzte Empfangsteil mit Empfangsspule 2 am Bohrkopf leitet die Daten nach eventueller Decodierung an die zugehörige Elektronik im Bohrkopf weiter. Somit kann ein bidirektionales Übertragungsverfahren aufgebaut werden, wobei der Datenfluß vom Boden des Bohrlochs zur Erdoberfläche und in umgekehrter Richtung zweckmäßigerweise nach einem Handshake-Verfahren erfolgt.

Die Elektronik einer Teilstrecke kann durch das in Fig. 2 dargestellte Blockschaltbild beschrieben werden. In Fig. 2 wird der Datenerfassungsblock 100 dargestellt, von welchem die Daten eines Rechners 101 oder die Meßgrößen der Sensoren 102 mittels eines U/f-Konverters 103 über die Endstufe 204 in die Sendespule 205 geleitet werden. Der Block 100 befindet sich am Anfang bzw. am Ende einer gesamten Übertragungsstrecke. In der Repeaterkette 200 werden die Signale von der Empfangsspule 201 aufgenommen, mittels der Signalregenerierung 202 bandbegrenzt und zwischenverstärkt; mit Hilfe der Frequenztransponierung 203 wird das Signal in eine andere Frequenzlage gebracht, um störende Verkopplungen zu vermeiden. Schließlich wird das Signal über die Endstufe 204 in die Sendespule 205 eingespeist. Der Handshake Controller 206 sendet geeignete Steuer-Signale, um im Falle eines bidirektionalen Datenflusses den zeitlichen Ablauf der Daten-Kommunikation zu steuern.

In der Entfernung l_u von der Bohrkopfspitze wird ein Wechselspannungssignal mittels des Transformators 4 in die beispielsweise im Gestänge 1 befindliche Flüssigkeitssäule eingekoppelt. Dadurch ergibt sich ein Stromfluß I_u , der durch Ableitströme I_a über das leitfähige Medium (Erdreich od. dgl.) gemindert wird, sodaß an der Oberfläche der Strom I_o , der über das geerdete Grabgerät (z.B. Bohrturm) zu da unterhalb des Transformators 4 verbleibenden Flüssigkeitssäule, Gestängestücks oder Bohrkopfes mit der Länge l_u fließt, mittels Transformator 5 detektiert werden kann.

Fig. 5 zeigt das elektrische Ersatzschaltbild: Der untere Erdübergangswiderstand R_u des Gestängestücks mit der Länge l_u und dem Durchmesser d ist ungefähr

$$R_u \approx \frac{\rho_e}{2\pi\sqrt{dl}},$$

50

wobei ρ_e den spezifischen Widerstand des umgebenden Mediums darstellt. Der Widerstand des Gestänges pro Längeneinheit ist

55

$$R' = \frac{4\rho_e}{d^2\pi}$$

wobei λ , für den spezifischen Widerstand der Flüssigkeit steht. Der Ableitstrom über das umgebende Medium wird durch Leitwert pro Längeneinheit

5

$$G' = \frac{k}{\rho_s}$$

bestimmt, in welchem k einen dimensionslosen, die geometrischen Verhältnisse berücksichtigenden Proportionalitätsfaktor darstellt ($k \dots 0.1 - 10$). Tatsächlich wird der Leitwert G' auch vom Ort der Ableitung abhängen; dies führt allerdings auf sehr komplizierte Feldverhältnisse, die in Hinblick auf eine einfache Abschätzung vernachlässigt werden sollen.

Der Wellenwiderstand Z_w der Leitung bei vernachlässigter Kapazität und Induktivität ist gegeben durch

15

$$Z_w = \sqrt{\frac{R'}{G'}}$$

20 Für den an der Einspeisetelle fließenden Strom gilt entsprechend der Ausgangsspannung U des Transformators (4)

25

$$I_x = \frac{U}{Z_w + R_s}$$

Die Spannung U_o am oberen Ende der Leitung - mit dem Abstand l_o von der Einkoppelstelle - errechnet sich aus der unten anliegenden Spannung

30

$$U_x = I_x \cdot Z_w$$

gemäß der Leitungstheorie zu

$$35 \quad U_o = U_x \cdot \exp(-\alpha l_o)$$

mit der Dämpfungskonstanten

$$\alpha = \sqrt{R' G'},$$

40

sodaß sich mit dem oberen Erdübergangswiderstand R_o des Bohrturms oder ähnlicher mechanischer Vorrichtungen, die mit dem Erdreich innigen Kontakt herstellen, wie der hier beispielhaft angeführte Kugelerder mit dem Radius r , der Strom I_o zu

45

$$I_o = \frac{U_o}{R_o}$$

50 ergibt, wobei

$$R_o = \frac{\rho_s}{2\pi r}$$

55

ist.

Somit folgt für den oben detektierbaren Strom I_o in Abhängigkeit von der Leitfähigkeit ϵ_a des umgebenden Mediums aus den oberen Beziehungen

$$I_o = \frac{U \cdot 2\pi r}{\epsilon_a} \left(1 - \frac{\epsilon_a}{\epsilon_a + 4\sqrt{\frac{\epsilon_a \epsilon_i k}{\pi d}}} \right) \cdot \exp \left(-\frac{2l_o}{d} \sqrt{\frac{\epsilon_i k}{\epsilon_a \pi}} \right).$$

- 10 Diese Funktion ist insofern interessant, als sie bezüglich ϵ_a zumindest ein Maximum aufweist. Sowohl bei extrem schlechter, als auch bei besonders guter Leitfähigkeit verschwindet der Strom I_o . Bei Vernachlässigung des Terms

$$15 \quad 4\sqrt{\frac{\epsilon_a k}{\pi d}}$$

gegenüber den Termen

$$20 \quad \sqrt{\frac{2\pi U}{I_o}} \text{ und } \frac{2l_o}{d} \sqrt{\frac{\epsilon_i k}{\pi}}$$

wird der Strom I_o bei

$$25 \quad \epsilon_a = \frac{16l_o^2 \epsilon_i k}{\pi d^2}$$

- 30 maximal.

Fig. 3 zeigt schematisch den Aufbau des Übertragungsverfahrens mit induktiver Einkopplung: Das Signal wird vom Sender 300 in die Sendespule 301 eingekoppelt, wodurch in der Flüssigkeitssäule 302 ein Stromfluß erzwungen wird. Dieser Strom kann mit der Empfangsspule 303 detektiert werden, sofern der Stromkreis zwischen der Flüssigkeitssäule über Erde 304 geschlossen wird. Dabei muß der Erdungswiderstand möglichst klein gehalten werden, um den Stromfluß durch den Spannungsabfall zwischen den Erdungspunkten nicht zu beeinträchtigen. Die Erdung wird zweckmäßigerweise mit Erdungsspießen 306 oder Kugelerdern 305 vorgenommen, wobei diese über eine Hilfselektrode 307 mit der Flüssigkeit verbunden sind. Ist jedoch die Flüssigkeit über ein Arbeitsgerät bereits mit dem Erdpotential sicher verbunden, dann können diese Erder auch entfallen.

Ist es aufgrund der technischen Gegebenheiten nicht möglich, die Signale in den Senderkern einzuspeisen, so können sie zu zwei Elektroden geleitet werden, deren eine Elektrode innigen Kontakt mit dem Erdreich gewährleistet, während die zweite Elektrode den Übergang zur elektrisch leitfähigen Flüssigkeit ermöglicht. Fig. 4 zeigt den Aufbau des Übertragungsverfahrens mit Einkopplung mittels Elektroden:

45 Der Erdkontakt kann über das geerdete metallische Gehäuse des Sendegerätes 401 erfolgen, das seinerseits innigen Kontakt mit dem umgebenden Erdreich 405 besitzt. Weiters wäre bei stationärem Betrieb des Sendegerätes eine Erdung über ein Erdungskabel 402 mittels Erdspieß 403 denkbar. Bohrgeräte könnten über den Bohrkopf den geforderten innigen Erdkontakt ermöglichen, sofern der metallische Außenteil des Bohrkopfes oder sonstige mechanische Vorrichtungen mit der Elektronik über eine Erdungsschelle oder ein Erdungsband verbunden sind.

55 Die zweite Elektrode 404 wird zweckmäßigerweise durch großflächige Gestaltung den Kontakt mit der leitfähigen Flüssigkeit ermöglichen. Elektrode 404 kann starr oder beweglich über Kabel mit dem Grundgerät 401 verbunden sein, wobei allerdings auf gute elektrische Isolierung zum Erdreich 405 bzw. zum Grundgerät 401 durch geeignete Montage der Elektrode 404 geachtet werden muß. Schließlich wird das Signal an geeigneter Stelle mittels der Ringkernspule 406 abgenommen und dem Verarbeitungsgerät 407 zugeführt. Da auch bei diesem Verfahren der Datentransport durch den Stromfluß durch die von leitender Flüssigkeit und dem Erdreich gebildete Schleife ermöglicht wird, soll der Erdübergangswiderstand eventuell verwendeter Erder oder Erdspieße 408 möglichst gering sein.

Die hier beschriebenen Übertragungsverfahren werden bevorzugt im Bereich der Erdölfördertechnik, sowohl am Land als auch im Off-Shore-Bereich Verwendung finden, sind aber keineswegs auf diesen Einsatzbereich beschränkt; die erwähnten Übertragungsverfahren können in all jenen Bereichen der Industrie eingesetzt werden, wenn leitfähige Flüssigkeiten zur Datenübertragung herangezogen werden müssen. Durch geeignete Anordnung kann auch eine bidirektionale Übertragungsstrecke, welche eine Datenkommunikation zwischen am Bohrkopf und an der Erdoberfläche befindlichen Geräten ermöglicht, realisiert werden. Somit erlaubt dieses Verfahren unter anderem prozeßrechnergesteuerte Grab- und Bohrvorgänge.

10 Patentansprüche

1. Datenübertragungsverfahren für Grab- und Erdbohrgeräte sowie für Bohrlochförderungseinrichtungen, wobei leitfähige Flüssigkeiten als Übertragungsmedium verwendet werden, gekennzeichnet dadurch, daß mittels eines Senderingkerns (4, 301), der einen Schlauch, in welchem sich die leitfähige Flüssigkeitssäule (302) befindet, umschließt, ein Sendestrom in der leitfähigen Flüssigkeit erzwungen wird, der an geeigneter Stelle mit einer Empfangstoroidspule (5, 303), die ebenfalls den Schlauch umgibt, detektiert werden kann, wobei der Stromkreis, sofern selbiger nicht über die Flüssigkeit geschlossen ist, durch sende- und empfangsseitige Erdung der Flüssigkeitssäule (302) geschlossen ist.
2. Datenübertragungsverfahren für Grab- und Erdbohrgeräte sowie für Bohrlochförderungseinrichtungen, wobei leitfähige Flüssigkeiten teilweise als Übertragungsmedium verwendet werden, gekennzeichnet dadurch, daß Signale zwischen Erde und leitfähiger Flüssigkeit mittels Elektroden (404) eingekoppelt werden, wobei der Stromkreis durch die leitfähige Flüssigkeit (409) und das Erdreich (405) gebildet wird und der Stromfluß mittels einer Toroidspule (406), die den mit leitender Flüssigkeit gefüllten Schlauch umschließt, detektiert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet dadurch, daß eine Elektrode (401) des Sendegerätes mit Erde (405) verbunden ist, und die zweite großflächige Elektrode (404) den elektrischen Übergang zur leitfähigen Flüssigkeit (409) ermöglicht, wobei die zweite Elektrode (404) von der ersten (401) und von Erde (405) vorzugsweise isoliert ist.
4. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Elektroden-Einkoppelung über den Bohrkopf und dem elektrisch vom Bohrkopf getrennten Gestängeabschnitt oberhalb des Bohrkopfes erfolgt, wobei eine Elektrode über Kabel und Schelle an den metallischen Bohrkopf geleitet wird und jener somit den Erder darstellt, während die zweite Elektrode über Kabel und Schelle an dem elektrisch vom Bohrkopf isolierten Gestängeabschnitt geleitet wird, wodurch die Einkoppelung des Stromes in die Flüssigkeit erfolgt.
5. Verfahren nach den Ansprüchen 2 und 3, gekennzeichnet dadurch, daß die Erdung des Sendegerätes (401) durch ein Erdungskabel (402) und einen Erdungsspieß (403) erfolgt.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 2 und 3, gekennzeichnet dadurch, daß die Erdung durch das Bohrgerät erfolgt, das seinerseits über innigen Kontakt mit dem Erdreich (405) verfügt.
7. Verfahren nach den Ansprüchen 2 und 3, gekennzeichnet dadurch, daß die Erdung mittels einer mechanischen Einrichtung (408) am Bohr- oder Pumpgerät erfolgt, die den innigen Kontakt mit dem Erdreich (405) ermöglicht.
8. Verfahren nach den Ansprüchen 2 und 3, gekennzeichnet dadurch, daß die Erdung durch eine großflächige Bezugselektrode am Behälterrand erfolgt, sofern die Flüssigkeit in einem Behälter aufbewahrt wird.

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

Ausgegeben
Blatt 1

25. 7.1994

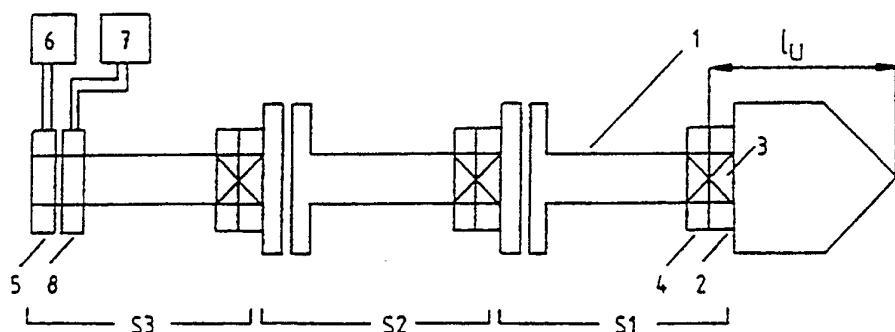
Int. Cl.⁵: E21B 47/12

Fig.1

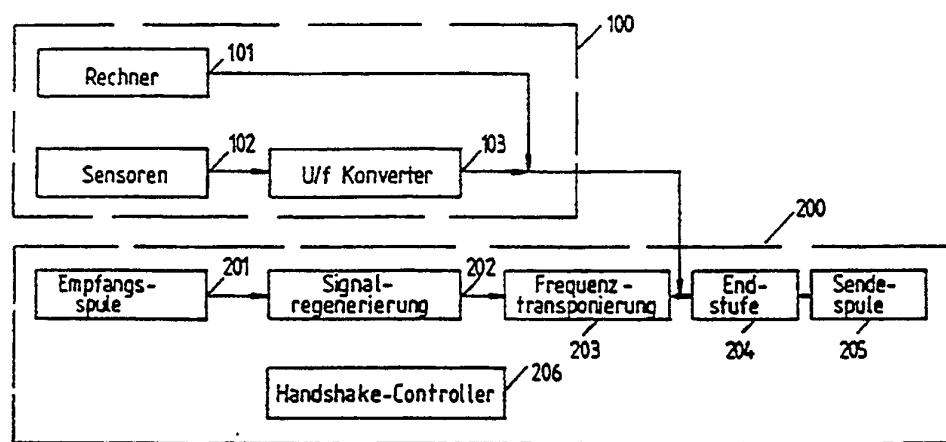


Fig. 2

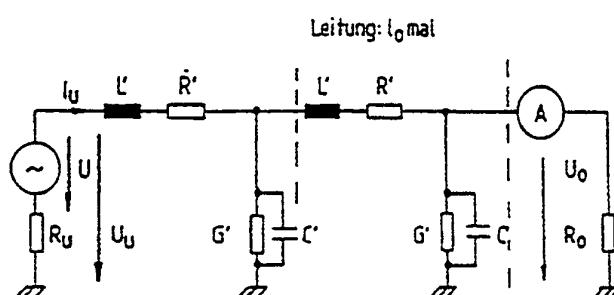


Fig. 5

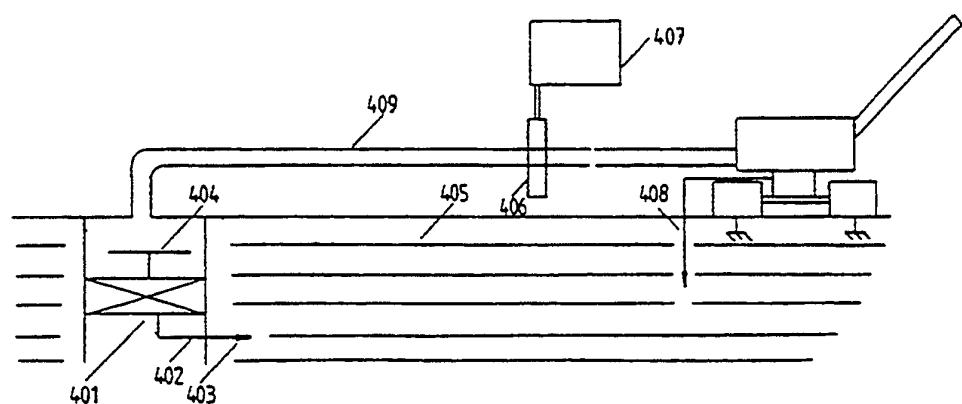
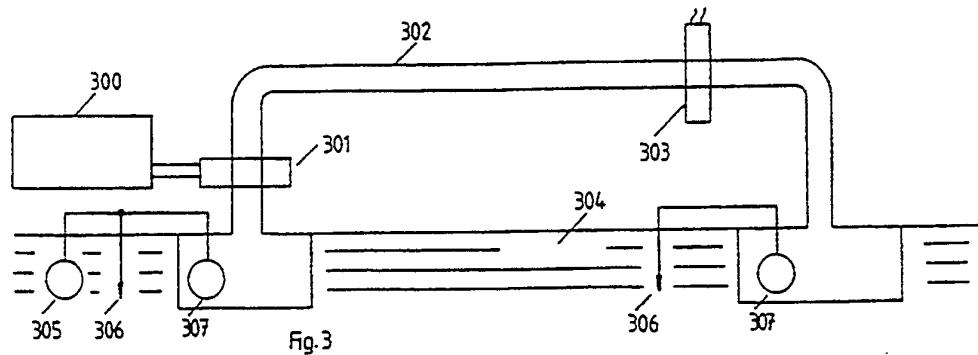
Ausgegeben
Blatt 225. 7.1994 Int. Cl.⁵ : E21B 47/12

Fig.4