



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 196 29 390 B4 2007.09.06**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **196 29 390.1**
 (22) Anmeldetag: **20.07.1996**
 (43) Offenlegungstag: **22.01.1998**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **06.09.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G01C 7/06 (2006.01)**
G01B 11/00 (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01)
G01B 17/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Socon Sonar Control Kavernenvermessung
 GmbH, 31180 Giesen, DE**

(74) Vertreter:
Grosse, Bockhorni, Schumacher, 45133 Essen

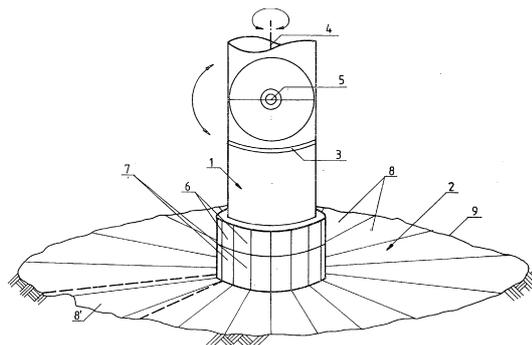
(72) Erfinder:
Tryller, Hartmut von, 31139 Hildesheim, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 42 38 034 C1
DE 35 03 488 C2
DE 195 13 116 A1
DE 44 45 464 A1

DE 44 26 501 A1
DE 30 46 611 A1
DE 25 00 458 A1
CH 6 45 981 A5
FR 24 02 188 A1
FR 23 56 955 A1
FR 21 89 749 A1
FR 15 32 340
US 47 74 573
US 42 01 971
US 39 53 131
EP 02 64 248 A2
JP 08-0 68 620 A
JP 06-3 47 248 A

(54) Bezeichnung: **Sensoriksystem zur geometrischen Vermessung unterirdischer Hohlräume und Vermessungsverfahren**

(57) Hauptanspruch: Sensoriksystem zur geometrischen Vermessung unterirdischer Hohlräume und Kavernen mit einem in den zu vermessenden Hohlraum einbringbaren Sensorikträger, der wenigstens einen Meßimpulssender und mehrere im wesentlichen fächerförmig oder strahlenkranzförmig aus der Richtung eines Zentrums oder einer Zentrumsachse empfangende Empfangssensoren oder Empfangssensorsegmente aufweist, wobei der Sensorikträger oder wenigstens sein die Empfangssensoren tragender Teil in definierten Winkelschritten um die Zentrumsachse drehbar oder schwenkbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die mehreren Empfangssensoren oder Empfangssensorsegmente azimuthal versetzt um die Zentrumsachse herum angeordnet sind, wobei sich die Empfangsbereiche von zwei benachbarten Empfangssensoren oder Empfangssensorsegmenten wenigstens teilweise räumlich überlappen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Sensoriksystem und ein Verfahren zur geometrischen Vermessung unterirdischer Hohlräume und Kavernen nach den Oberbegriffen von Anspruch 1 bzw. Anspruch 12.

[0002] Ein Sensoriksystem zur geometrischen Vermessung unterirdischer Hohlräume mit einzelnen Meßsensoren ist beispielsweise prinzipiell aus der DE-OS 44 26 501 bekannt.

[0003] Mittlerweile ist aber auch ein Sensoriksystem der eingangs genannten Gattung auf dem Markt, bei dem ein entsprechender Sensorikträger mehrere, nach einem sogenannten "Multiscan"-Verfahren arbeitende Empfangssensoren bzw. Empfangssensorsegmente aufweist und wobei der Meßimpulssender vorzugsweise ein omnidirektional Meßimpulse aussendender Meßimpulssender ist. Bei dem auf dem Markt befindlichen System werden also mit Hilfe eines Meßimpulssenders omnidirektional Meßimpulse ausgesandt, also Meßimpulse quasi strahlenförmig aus der Richtung eines Zentrums des Sensorikträgers kommend gleichmäßig über den gesamten Raumwinkel von 4π verteilt ausgesandt. Entsprechend verfügt der Sensorikträger über facettenartige Empfangssensorsegmente, die im wesentlichen eine Kugel bildend ebenfalls um ein Zentrum angeordnet sind und in der Lage sind, die von den Hohlraumwänden reflektierten, ursprünglich vom Meßimpulssender allseitig ausgesandten Strahlen jeweils innerhalb eines bestimmten Winkelbereiches zu erfassen.

[0004] Auf diese Weise soll mit einem einzigen, zeitlich sehr kurz befristbaren Meßvorgang eine Vielzahl von Informationen von einem unterirdischen Hohlraum gewonnen werden können. Hierzu sendet also der Meßimpulssender allseitig seine Meßimpulse aus, die nach der Reflexion von den Wänden des Hohlraumes von den Empfangssensorsegmenten empfangen und mit Hilfe einer entsprechenden elektronischen Einrichtung ausgewertet werden.

[0005] Dieses auf dem Markt befindliche Sensoriksystem hat jedoch seine Nachteile.

[0006] Zunächst einmal ist es erforderlich, um das vom jeweiligen Empfangssensorsegment empfangene Meßsignal auszuwerten, jedem Empfangssensorsegment seine Nachfolgeelektronik zuzuordnen, die im wesentlichen aus einem Verstärker, einem Analog-Digital-Wandler und einem Speicher besteht. Es ist also erforderlich, jedes einzelne Empfangssensorsegment entsprechend zu verkabeln. Dies bedeutet, daß dann, wenn eine entsprechende Auflösung des gesamten Empfangssensors gewährleistet sein soll und deshalb beispielsweise die Empfangssensorsegmente nur einen Öffnungswinkel von 3° haben sollen, es gegebenenfalls notwendig ist, über den gesamten

Raumwinkel verteilt etwa 200 bis 300 Segmente anzuordnen, denen jeweils eine Nachfolgeelektronik zugeordnet sein muß, so daß mehrere 100 Kabelführungen zu den einzelnen Segmenten notwendig sind.

[0007] Da ein Sensoriksystem der eingangs genannten Gattung üblicherweise durch ein Bohrloch unter Drücken bis zu 300 bar in unzugängliche Hohlräume herabgelassen wird, und dabei an einem stahlamierten Bohrlochkabel pendelnd aufgehängt ist, ist für eine solche Vielzahl von Verkabelungen oftmals gar kein Raum vorhanden. Abgesehen davon kann eine solche vielzählige Verkabelung natürlich zu einer höheren Störanfälligkeit führen.

[0008] Selbst bei einer relativ großen Zahl von Empfangssensorsegmenten, wie im vorhergehenden angedeutet, ist aber die Auflösung der auf dem Markt befindlichen Meßvorrichtung nicht sehr gut, so daß nur ein recht grobes geometrisches Bild von dem vermessenen Hohlraum gewonnen wird.

[0009] Dieses Bild wird unter Umständen noch unklarer und fehleranfälliger, wenn mit dem Bohrloch zur Einführung des Sensorikträgers nicht einigermaßen genau das Zentrum des zu vermessenden Hohlraumes angezielt wird, so daß dem Empfangssensor einige Wandbereiche des zu vermessenden Hohlraumes besonders nahe sind, während andere Wandbereiche sehr weit entfernt liegen. Dies und auch unterschiedliche Reflexionen führt quasi zu einer Verzerrung der Meßgeometrie und zu unterschiedlichen Auflösungen in unterschiedlichen Hohlraumbereichen, durch die festgelegte Segmentierung des Empfangssensors.

[0010] Diese feste Segmentierung führt außerdem dazu, daß das auf dem Markt befindliche System in Bezug auf das Auflösungsvermögen auf eine ganz bestimmte Frequenz eines Meßimpulses ausgelegt ist. Es ist also nicht so ohne weiteres möglich, Meßimpulse unterschiedlicher Frequenzen zu verwenden. Dies könnte aber im Einzelfalle sachdienlich sein.

[0011] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Sensoriksystem und ein Verfahren der eingangs genannten Gattung insbesondere im Hinblick auf das Auflösungsvermögen zu verbessern.

[0012] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Sensoriksystem nach Anspruch 1 und ein Verfahren nach Anspruch 12.

[0013] Bei dem erfindungsgemäßen Sensoriksystem kann also der Sensorikträger bzw. ein Teil von ihm in definierten Winkelschritten um die Achse gedreht werden, aus deren Richtung die einzelnen Empfangssensoren bzw. Empfangssensorsegmente (scheinbar) empfangen. Dabei können die Drehwin-

kelschritte insbesondere wesentlich kleiner gewählt werden als die Öffnungswinkel der Empfangssensoren bzw. der Empfangssensorsegmente.

[0014] Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird also mit Vorteil nicht in erster Linie das Auflösungsvermögen des Systems durch die Anzahl der Empfangssensoren bzw. der Empfangssensorsegmente und ihre Öffnungswinkel bestimmt, sondern durch die Feineinteilung der Winkelschritte beim Drehen des Empfangssensors. Wird nämlich der Empfangssensor in relativ kleinen Schritten gedreht, wonach nach jedem Drehschritt eine entsprechende weitere Messung durchgeführt wird, bei der Meßimpulse ausgesandt und empfangen werden, so ist das Auflösungsvermögen des entsprechenden Systems so gut, als wären die Empfangssensoren bzw. Empfangssensorsegmente in entsprechend hoher Anzahl mit einem entsprechend kleinen Öffnungswinkel, entsprechend des Drehschrittes, vorhanden. Das Auflösungsvermögen ist also bei dem erfindungsgemäßen System insbesondere nicht durch die Anzahl der Meßsensoren fixiert, sondern kann nach Bedarf durch die Drehung bzw. Schwenkung des Systems frei gewählt werden. Dies bedeutet insbesondere auch, daß die Größe der Winkelschritte bei der Drehung des Sensorikträgers auch an die jeweiligen Frequenzen der verwendeten Meßimpulse angepaßt werden können. Auch die Frequenzen der Meßimpulse sind damit prinzipiell frei wählbar.

[0015] Grundsätzlich ist es so, daß jeder Empfangssensor bzw. jedes -sensorsegment, ausgehend von dem Empfangssensor bzw. dem -sensorsegment eine Empfangscharakteristik bzw. einen Empfangsbereich aufweist, der eine Art Keulenform hat. Je höher die Frequenz des zu empfangenden Meßimpulses ist, desto schmaler ist die entsprechende Keulenform des Meßsensors bei gleichem Öffnungswinkel. Sind also Empfangssensoren bzw. Empfangssensorsegmente in gleichmäßigen Winkelabständen um eine Zentrumsachse angeordnet, so ergeben in einer geschnittenen Darstellung die durch die jeweiligen Empfangskeulenformen der Sensoren verläuft diese Empfangsbereiche der Empfangssensoren also keine scharfen Strahlen, die auf ein Zentrum bzw. eine Zentrumsachse zulaufen, sondern eine Art Blütenform mit den Keulenformen als Blütenblättern, die von dem Zentrum bzw. der Zentrumsachse ausgehen, wobei sich diese Blütenblätter bei unterschiedlichen Frequenzen von Meßimpulsen, also bei schmalerer oder breiterer Ausdehnung mehr oder weniger stark überlappen. Ein Überlapp dieser Keulenformen bzw. Blütenblätter soll aber gegeben sein, um die Vorteile des Multiscan-Verfahrens zu nutzen, weil sich aus dem Bereich des Überlappes durch mathematische Korrelation und deren Auswertung bei der Auswertung der von den einzelnen Meßsensoren empfangenen Impulse zusätzliche Informationen ergeben, die letztlich das Auflösungsvermögen der

Vorrichtung vergrößern.

[0016] Gerade bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird dieser Überlapp der Keulenformen genutzt, um auf mathematische Weise das Auflösungsvermögen der Vorrichtung gegenüber der eigentlich durch die Anzahl der Empfangssensoren bzw. Empfangssensorsegmente vorgegebene Auflösung zu verbessern. Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht jedoch darin, daß sich der Überlapp nicht nur zwischen zwei Keulenformen einander benachbarter Empfangssensoren bzw. Empfangssensorsegmente unmittelbar räumlich ergeben muß, sondern sich ein solcher Überlapp auch zeitlich ergeben kann, indem sich die Keulenform eines Empfangssensors bzw. eines Empfangssensorsegmentes mit der eigenen Keulenform zeitlich verzögert aber dennoch räumlich nach einer entsprechenden Winkeldrehung der Vorrichtung überlappt.

[0017] Tatsächlich ist also mit dem erfindungsgemäßen System bei unter Umständen geringerer Anzahl von Empfangssensoren bzw. Empfangssensorsegmenten ein Mehrfaches an Informationen erhältlich, die zu einem höheren Auflösungsvermögen führen, und zwar unter Umständen ein Vielfaches von Informationen, das sogar größer sein kann als der Faktor, um den die Anzahl der Empfangssensoren durch eine entsprechende Anzahl von Drehschritten scheinbar vergrößert worden ist. Diese zusätzliche Vermehrung von Informationen wird, wie bereits geschildert, dadurch erreicht, daß die jeweiligen Messungen abgespeichert und in zeitlicher Abfolge gesammelt und danach unter Berücksichtigung mathematischer Korrelationen ausgewertet werden.

[0018] Insbesondere kann mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung dabei noch besser sichergestellt werden, daß unter Umständen Fehlreflexionen von Meßimpulsen, die das Meßergebnis insgesamt verfälschen können, unberücksichtigt bleiben, weil auch diese Fehlmessungen, von beispielsweise mehrfach reflektierten Meßimpulsen, durch Korrelationskontrollen identifiziert werden können.

[0019] Insgesamt kann also die erfindungsgemäße Vorrichtung grundsätzlich mit weniger Empfangssensoren bzw. Empfangssensorsegmenten auskommen als der Stand der Technik und, abhängig von der Größe und Anzahl der gewählten Drehschritte dennoch ein besseres Auflösungsvermögen erzielen. Zwar sind dadurch mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung mehrerer Messungen erforderlich, so daß die Messung insgesamt einen größeren Zeitraum in Anspruch nimmt, der jedoch wirtschaftlich von vernachlässigbarer Bedeutung ist. Es kann aber, je nach Bedarf, durch die Auswahl der Meßschritte und der Anzahl der Meßschritte frei ausgewählt werden, ob eine genaue oder eine grobere Kavernenvermessung erfolgen soll.

[0020] Hinzu kommt noch, daß ein Sensor bzw. ein Sensorsegment mit einer größeren Empfangsfläche ebenfalls eine schmalere "Keulenform" als Empfangsbereich hat als ein kleinerer Sensor. Bei dem erfindungsgemäßen System, das weniger und dafür größere Sensoren verwendet, sind somit die vorhandenen Empfangssensoren mit Vorteil detailgenauer ausgerichtet.

[0021] Vorzugsweise könnten bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung um die Zentrumsachse herum etwa 15 Empfangssensoren bzw. Empfangssensorsegmente in gleichmäßigen Winkelabständen von jeweils etwa 24° zwischen einander benachbarten Empfangssensoren angeordnet sein.

[0022] Nach einer nächsten Weiterbildung ist jedem Empfangssensor bzw. Empfangssensorsegment ein eigener elektrischer Verstärker zur Verstärkung des von ihm empfangenen Meßimpulses und insbesondere zur individuellen Einstellung seiner Empfangscharakteristik zugeordnet und entsprechend individuell regelbar.

[0023] Mit Hilfe des Verstärkers kann in gewisser Weise die im vorhergehenden geschilderte "Keulenform" verändert werden. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn der Sensorikträger selbst sich nicht annähernd im Zentrum des zu vermessenden Hohlraumes befindet, so daß einige Wandbereiche des Hohlraumes dem Sensorikträger und den Empfangssensoren nahe sind, während andere sehr viel weiter entfernt sind. Je nach Abstand zu den Wänden des zu vermessenden Hohlraumes oder deren Reflexionsbedingungen können also die jeweils zugeordneten Empfangssensoren entsprechend an ihren Verstärkern eingestellt werden, um eine einheitlich genaue Aufnahme des gesamten Hohlraumes zu ermöglichen, wobei diese Einregelung bzw. eine Umregelung der Verstärker auch bei der Drehung der Empfangssensoren berücksichtigt werden kann.

[0024] Insgesamt müssen übrigens bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung nicht unbedingt die Empfangssensoren bzw. Empfangssensorsegmente gleichmäßig um ein Zentrum oder eine Zentrumsachse herum angeordnet sein. Es könnte als ausreichend angesehen werden, die Empfangssensoren nur so anzuordnen, daß sie innerhalb eines Fächerbereiches nur einen Teilwinkelbereich erfassen. Durch die Drehbarkeit des Sensorikträgers könnten dadurch einzelne Bereiche eines Hohlraumes nacheinander erfaßt und genau vermessen werden. Durch die Drehbarkeit des Sensorikträgers ist immer ein Gesamtbild des Hohlraumes bei Bedarf erzielbar.

[0025] Eine weitere Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht vor, daß sowohl der Meßimpulssender, als auch die Empfangssensoren bzw. Empfangssensorsegmente auf unterschiedliche Me-

ßimpulsfrequenzen einstellbar sind, um die bereits weiter vorne geschilderten vorteilhaften Möglichkeiten der erfindungsgemäßen Vorrichtung auszunutzen.

[0026] Der Meßimpulssender ist vorzugsweise ein Ultraschallsender und die Empfangssensoren sind Ultraschallwandler bzw. sind die Empfangssensorsegmente Segemente eines segmentierten Ultraschallwandlers.

[0027] Es kann, wie bei dem auf dem Markt befindlichen System vorgesehen, auch bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein omnidirektional aussendender Meßimpulssender verwendet werden. Es erscheint aber durchaus vorteilhaft, vorzugsweise jedem einzelnen Empfangssensor bzw. Empfangssensorsegment seinen eigenen Meßimpulssender bzw. -segment zuzuordnen, der bzw. das in der jeweils gleichen Richtung sendet, aus der der entsprechende Empfangssensor bzw. das entsprechende -segment empfängt. Dies könnte letztendlich zu einer größeren Meßgenauigkeit bei gleichzeitiger Kostenminimierung führen. Dabei kann sogar jedes Empfangssensorsegment selbst zunächst (kurzzeitig) als Meßimpulssender fungieren und während der Lauf- und Reflexionszeit des ausgesandten Meßimpulses (wieder) auf Empfang umgeschaltet werden.

[0028] Eine weitere Reduzierung der Anzahl der Empfangssensoren bzw. -segmente ist nach einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Systems möglich, wenn vorgesehen ist, daß die entsprechenden Empfangssensoren nicht zu allen Seiten zur Erfassung eines gesamten Raumwinkels ausgerichtet sind, sondern nur zu einer im wesentlichen ringförmigen oder fächerförmigen Erfassung eines Teiles des Raumwinkels ausgerichtet und vorgesehen sind. Die übrigen Bereiche des Raumwinkels können dadurch erfaßt werden, daß der Sensorikträger oder wenigstens sein die Empfangssensoren bzw. Empfangssensorsegmente tragender Teil, der vorzugsweise auch den Meßimpulssender bzw. die Meßimpulssender trägt, um eine quer zur Drehachse verlaufende Kippachse kippbar angeordnet ist.

[0029] Die Lösungsmerkmale, die erfüllt sein sollten, um trotz der Drehbarkeit und der Kippbarkeit des Sensorikträgers bzw. eines Teiles des Sensorikträgers genaue Messungen zu garantieren, sind aus der bereits eingangs zitierten DE-OS 44 26 501 prinzipiell entnehmbar, also beispielsweise die Verbindung fester und beweglicher Teile, die Kontrolle der jeweiligen Dreh- bzw. Kippstellung und auch die Stabilisierung von Drehstellungen, beispielsweise durch Kreisel-systeme.

[0030] Das Sensoriksystem hinsichtlich seiner Sensoranordnung und Sensorauswertung ist bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung allerdings ein grund-

sätzlich anderes als bei dem vorbekannten System, was nicht übersehen werden darf, da es sich bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung trotz der möglichen Reduzierung der Empfangssensoren um ein echtes Multiscan-System handelt, bei dem die zusätzliche Drehbarkeit zu einer Verbesserung des Multiscan-Verfahrens führt, während es sich bei dem bekannten System gemäß der DE-OS 44 26 501 um ein System handelte, das mit einzelnen Sensoren arbeitet, bei dem beispielsweise die Drehbarkeit und die Kippbarkeit nur zur jeweiligen Umorientierung dieses einzelnen Sensors diente, ohne daß hierdurch Multiscancharakteristiken und Korrelationen erzielt wurden.

[0031] Insbesondere sollten sich bei dem erfindungsgemäßen System die im vorhergehenden geschilderten Keulenformen auch einander benachbarter Empfangssensoren bzw. -segmente immer und in jeder Drehstellung überlappen, um aus diesem Überlapp bei jeder Messung eine Korrelationsinformation zu erhalten. Die einzelnen Drehschritte sollten so klein ausgeführt werden, daß dieser Überlapp quasi noch feiner nacheinander durch die einzelnen Dreh- bzw. Meßschritte unterteilbar und erfaßbar ist.

[0032] Für ein Verfahren zur geometrischen Vermessung unterirdischer Hohlräume bzw. Kavernen mit einem Sensoriksystem mit einem in den zu vermessenden Hohlraum einbringbaren Sensorikträger, der wenigstens einen Meßimpulssender und mehrere im wesentlichen fächerförmig aus der Richtung eines Zentrums oder einer Zentrumsachse empfangende, vorzugsweise einen 360°-Rundumbereich erfassende Empfangssensoren bzw. Empfangssensor-segmente, sogenannte Multiscan-Sensoren, aufweist, vorzugsweise nach einem der Ansprüche 1 bis 8, das sich dadurch auszeichnet, daß zumindest die Empfangssensoren bzw. Empfangssensorsegmente zur Durchführung zeitlich aufeinanderfolgender Messungen um die Zentrumsachse der Empfangssensorenrichtung um vorbestimmbare Winkelschritte gedreht werden, die vorzugsweise kleiner sind als die Öffnungswinkel eines jeweiligen Empfangssensors bzw. Empfangssensorsegmentes, und bei dem die zeitlich aufeinanderfolgenden Messungen mathematisch korreliert ausgewertet werden, wird selbständiger Schutz beansprucht.

[0033] Ausführungsbeispiele, aus denen sich weitere erfinderische Merkmale ergeben, sind in der Zeichnung dargestellt. Es zeigen:

[0034] [Fig. 1a](#) eine schematische Perspektivansicht eines Sensorikträgers eines erfindungsgemäßen Sensorsystems innerhalb einer Kaverne,

[0035] [Fig. 1b](#) schematische Wiedergaben von Kavernenwandbildern eines Empfangssegmentes des Sensorikträgers gemäß [Fig. 1a](#) in verschiedenen

Drehstellungen,

[0036] [Fig. 2](#) ein Laufzeitdiagramm eines Meßimpulses bis zu seinem Empfang,

[0037] [Fig. 3a bis e](#) eine Übersicht zur Erläuterung der Anwendung des erfindungsgemäßen Sensoriksystems,

[0038] [Fig. 4](#) ein Ablaufschema zur Anwendung des erfindungsgemäßen Sensoriksystems,

[0039] [Fig. 5 bis Fig. 7](#) Echogrammdarstellungen als Aufnahmen von jeweils 24 Empfangssensorsegmenten bei Drehungen des Sensorikträgers um jeweils 5°,

[0040] [Fig. 8](#) eine durch eine Korrelationsberechnung erstellte Echogrammdarstellung und

[0041] [Fig. 9](#) ein im Vergleich zur Darstellung der [Fig. 8](#) mit einem herkömmlichen Einzelsensor gemessenes Echogramm.

[0042] Die [Fig. 1a](#) zeigt in schematischer Perspektivansicht den Sensorikträger eines erfindungsgemäßen Sensoriksystems in dem Bereich einer zu vermessenden Kaverne bzw. eines zu vermessenden unterirdischen Hohlraumes. Dabei ist in dieser Darstellung der Sensorikträger im Vergleich zum Durchmesser des Hohlraumes übertrieben groß dargestellt, um Details erkennbar zu machen.

[0043] Der Sensorikträger **1** gemäß [Fig. 1a](#) ist als Meßkopf ausgebildet, der an dem freien Ende einer in einen zu vermessenden Hohlraum **2** eindringbaren Sonde angeordnet ist. Dabei ist der Sensorikträger **1** mit Hilfe einer entsprechenden Trennung **3** um seine Längsachse **4** schwenkbar bzw. drehbar. Außerdem ist er um eine Kippachse **5** kippbar, also in seiner Neigung verstellbar.

[0044] Der Sensorikträger trägt einen Ring bzw. einen Kranz aus Meßimpuls-Sendersegmenten **6** und diesen zugeordneten Empfangssensorsegmenten **7**. Eine hierfür angedeutete Trennung in Sender- und Empfangsbereich kann entfallen, wenn ein und derselbe Sensorbereich zu unterschiedlichen Zeiten als Sender und als Empfänger genutzt wird.

[0045] Die Meßimpuls-Sendersegmente **6** senden jeweils Meßimpulse in der Ebene des Senderringes bzw. Senderkranzes aus, beispielsweise Ultraschallimpulse, und zwar innerhalb von Winkelbereichen **8**, die von der Wandung **9** des zu vermessenden Hohlraumes reflektiert und innerhalb der Winkelbereiche **8** von den Empfangssensorsegmenten **7** empfangen werden. Dies bedeutet, daß die Empfangssensorsegmente **7** entsprechende Abschnitte der Wandung **9** bei einem Meßvorgang erfassen. Dies ist in der

[Fig. 1b](#) und deren Bestandteile I bis IV angedeutet.

[0046] Oberhalb der [Fig. 1b](#) ist in der [Fig. 1](#) an einem Beispiel gezeigt, daß ein bestimmtes Empfangssensorsegment **7** zunächst einmal in seinem Winkelbereich **8** einen bestimmten Bereich der Wandung **9** des zu vermessenden Hohlraumes **2** erfassen kann. Dazu wird eine Messung durchgeführt, zu der das zugeordnete Meßimpuls-Sendesegment **6** einen Meßimpuls aussendet, der von dem entsprechenden Wandungsbereich reflektiert und vom Empfangssensorsegment **7** empfangen wird.

[0047] Nach dieser Messung wird der Sensorikträger um die Achse **4** ein Stück weit gedreht, und zwar um einen Winkel, der kleiner ist als der Öffnungswinkel der Segmente **6**, **7** bzw. kleiner ist als der Winkel eines Winkelbereiches **8**. Bei einer entsprechenden nächsten Messung kann also dasselbe Empfangssensorsegment **7** einen Winkelbereich **8'** erfassen, der gegenüber dem früheren Winkelbereich **8** um einen entsprechenden Drehwinkel verdreht ist, wie dies in der [Fig. 1a](#) mit gestrichelten Linien angedeutet ist. In dieser Drehstellung wird eine nächste Messung durchgeführt. Danach kann dann für weitere Messungen der Sensorikträger **1** jeweils um weitere Winkelschritte für weitere Messungen gedreht werden.

[0048] Während der beiden geschilderten ersten Messungen ist insgesamt von ein und demselben Empfangssensorsegment **7** ein Bereich der Wandung **9** des zu vermessenden Hohlraumes **2** zu erfassen, der als Ausschnitt in [Fig. 1b](#) I wiedergegeben ist. Davon wird bei der ersten Messung ein Wandbereich erfaßt, wie er in [Fig. 1b](#) III gezeigt ist. Durch die zweite Messung wird ein Wandbereich erfaßt, wie er in der [Fig. 1b](#) II gezeigt ist. Dabei ist übrigens die [Fig. 1b](#) als Verständnisskizze anzusehen, die in ihrem Maßstab nicht dem Maßstab der [Fig. 1a](#) entspricht.

[0049] Erkennbar ist aus der [Fig. 1b](#) insbesondere, daß bei beiden Messungen ein gewisser Überlappungsbereich, wie er in [Fig. 1b](#) IV dargestellt ist, jeweils gesondert erfaßt wird. Dieser entsprechende Wandbereich wird also quasi zweimal vermessen, statt nur einmal. Bei großen Winkelbereichen **8** und relativ sehr kleinen Drehwinkeln um die Achse **4** können Überlappungsbereiche noch häufiger durch aufeinanderfolgende Messungen erfaßt werden. Gerade diese Überlappungsbereiche können unter Ausnutzung der größeren Anzahl der sie erfassenden Messungen mathematisch korreliert ausgewertet werden, so daß letztendlich hierdurch Wandbereiche der Wandung **9** des zu vermessenden Hohlraumes sehr viel detaillierter erfaßt werden können, als es eigentlich die Breite eines Winkelbereiches **8** im Bereich der Wandung **9** erlauben würde, und zwar unter Umständen sogar detaillierter als es die Ausdehnung

des Überlappungsbereiches oder sogar des Drehwinkelbereiches selbst erlauben würde.

[0050] Wird also die Wandung **9** mit einer Vielzahl von Messungen mit relativ kleinen Drehwinkeln erfaßt, so läßt sich ein detailliertes Bild der Wandung **9** mit einer hohen Auflösung erzielen.

[0051] In [Fig. 2](#) ist ein Laufzeitdiagramm aufgetragen, das beispielhaft den Empfang eines Meßimpulses mit der Stärke **I** nach einer Reflexion von der Wandung **9** der zu vermessenden Kaverne im Empfangssensorsegment **7** zeigt, und zwar im oberen Teil der [Fig.](#) "unbereinigt" und im unteren Teil der [Fig.](#) nach einer mathematischen Behandlung.

[0052] [Fig. 3](#) zeigt schematisch in den Figurenbestandteilen a bis e ein Übersichtsschema zur Verdeutlichung der Anwendung des erfindungsgemäßen Sensoriksystems.

[0053] In [Fig. 3a](#) sind, ausgehend von einer in die Bildebene hinein verlaufenden Zentrumsachse für einen 180°-Bereich keulenförmige Empfangsbereiche von Empfangssensorsegmenten dargestellt, die diesen Winkelbereich zur Vermessung einer nicht näher dargestellten Kavernenwand erfassen bzw. überdecken sollen. Diese Anzahl von Empfangsbereichen könnte durch eine entsprechende Anzahl von Empfangssensorsegmenten, in diesem Falle **21** Stück, erzielt werden. Zur Erzielung einer entsprechenden Winkelbereichsüberdeckung könnten aber erfindungsgemäß auch weniger Empfangssensorsegmente verwendet werden, die zur Verdichtung innerhalb dieses Winkelbereiches um bestimmte Winkelschritte verdreht worden sind, so daß dann die [Fig. 3a](#) nicht die Empfangsbereiche zu einem bestimmten Zeitpunkt zeigen würde, sondern aufsummiert nach einer Durchführung einer gewissen Anzahl zeitlich beabstandeter Drehschritte, bei denen der entsprechende Sensorikträger **1** um die Zentrumsachse gedreht worden ist.

[0054] Dies wird noch deutlicher bei der Betrachtung der [Fig. 3b](#), die noch eine höhere Verdichtung in dem entsprechenden Winkelbereich darstellt, die bei Verwendung entsprechend kleiner Winkeldrehschritte erzielt werden kann, auch mit einer relativ geringen Anzahl von Empfangssensorsegmenten **7**.

[0055] Die [Fig. 3c](#) illustriert an der Darstellung eines keulenförmigen Empfangsbereiches eines Empfangssensorsegmentes **7** die Abhängigkeit der Schallkeulenlänge und Schallkeulenbreite von der Empfindlichkeit des Empfangssensorsegmentes **7** bzw. die Abhängigkeit des Öffnungswinkels Sinus (**a**) von der Frequenz des verwendeten Meßimpulses und dem Durchmesser des Empfangssensorsegmentes selbst. Dabei wird in der [Fig.](#) der Durchmesser des Empfangssensorsegmentes mit **D** bezeichnet.

net. Lamda soll dabei das Produkt aus der Periodendauer der für den Meßimpuls verwendeten Schallwelle in Sekunden und der Schallgeschwindigkeit in m/s sein.

[0056] Dabei ist Sinus (a) proportional zu Lamda und umgekehrt proportional zu D. Dies bedeutet, daß die Keulenbreite und -länge umso größer wird, je größer die Periodendauer ist, also desto niedriger die Frequenz ist, und außerdem die Keulenbreite und -länge umso größer wird, desto kleiner der Durchmesser des Empfangssensorsegmentes ist.

[0057] Dies bedeutet also noch einmal anders ausgedrückt, daß ein relativ großflächiges Empfangssensorsegment eine relativ schmale, scharfe, detailgenaue Keulenform aufweist, die umso schärfer und genauer ist, desto höher die verwendete Meßimpulsfrequenz ist. Es ist also für die Meßgenauigkeit durchaus vorteilhaft, möglichst große Empfangssensorsegmente zu verwenden, von denen aber beim Multi-Scan-Verfahren nur eine kleinere Anzahl nebeneinander um eine Zentrumsachse plaziert werden kann. Um dennoch auch eine verdichtete Erfassung eines Winkelbereiches gemäß **Fig. 3b** zu ermöglichen, wird erfindungsgemäß die Drehung der entsprechend kleinen Anzahl von Empfangssensorsegmenten um relativ kleine Drehwinkelschritte um die Zentrumsachse vorgeschlagen.

[0058] In der **Fig. 3c** sind die verschieden großen Keulenformen und der sich daraus ergebende Empfangsbereich mit unterschiedlichen Schraffierungen kenntlich gemacht und, angefangen bei der kleinsten Keulenform, hin zur größten Keulenform mit I bis IV bezeichnet.

[0059] **Fig. 3d** zeigt den von der entsprechenden Zentrumsachse entfernten Endbereich verschieden großer Keulenformen I bis IV entsprechend der Darstellung gemäß **3c**. Diesmal aber ergänzt durch die Darstellung eines Abschnittes einer uneben (onduliert) verlaufenden Kavernenwand **9**, auf die bei der vorliegenden Entfernung allerdings nur die Keulenformen II bis IV auftreffen.

[0060] **Fig. 3e** zeigt die sich aus den Meßbedingungen gemäß der **Fig. 3d** ergebende Echoantwort des jeweiligen Empfangssensorsegmentes **7** bei Anwendung der Keulenformen II bis IV, wobei auf der Abszisse dieser funktionalen Darstellung die Laufzeit des entsprechenden Meßsignales von der Aussendung bis zum Empfang, also letztlich die Entfernung des Sensorikträgers von dem entsprechenden Bereich der Kavernenwand **9**, aufgetragen ist.

[0061] Aus dieser Funktion gemäß **Fig. 3e** ergeben sich mehrere Informationen und gleichzeitig auch Vorteile des erfindungsgemäßen Sensoriksystems.

[0062] Zunächst einmal wird deutlich, daß ein bestimmter Öffnungswinkel Sinus (a) vorhanden sein muß, um eine gewisse Mindestlänge einer Keulenform zu erreichen, damit der entsprechende Empfangsbereich eines Empfangssensorsegmentes überhaupt, die entsprechende Entfernung überbrückend, bis zur Kavernenwand **9** reicht. Andererseits sollte wiederum auch der Öffnungswinkel Sinus (a) nicht zu groß sein, damit eine möglichst genaue bzw. scharfe Laufzeit oder Entfernungsinformation erhalten wird. Es ist also vorteilhaft, wenn das entsprechende Empfangssensorsegment **7** in Kombination mit dem zugeordneten Meßimpuls-Sendersegment **6**, welches es durch Übernahme beider Funktionen selbst sein könnte, in Abhängigkeit von der Kavernenwand **9** in diesem Bereich, beispielsweise durch Veränderung der Meßfrequenz, hinsichtlich seiner Keulenform eingestellt werden könnte. Nicht nur dies ist bei dem erfindungsgemäßen Sensoriksystem bevorzugt möglich, sondern es ist auch möglich, diese Einstellung jeweils bei Drehung des Sensorikträgers zu verändern, damit immer gerade das Empfangssensorsegment **7** die entsprechende Keulenform aufweist, das gerade auf den entsprechenden Wandbereich **9** ausgerichtet ist.

[0063] **Fig. 4** zeigt ein Ablaufschema, etwa in Form eines Flußdiagrammes bzw. eines Blockschaltbildes für den Einsatzablauf eines erfindungsgemäßen Sensoriksystems.

[0064] Der Übersichtlichkeit halber könnte davon ausgegangen werden, daß das System lediglich über **8** Empfangssensorsegmente **7** und einen entweder omnidirektional abstrahlenden Meßimpuls-sender oder eine entsprechende Anzahl von **8** Meßimpuls-Sendersegmenten **6** verfügt. Diese Empfangssensorsegmente **7** sind in der **Fig. 4** nur angedeutet. Den Empfangssensorsegmenten **7** sind, als schematische Blöcke dargestellt, A/D-Wandler und insbesondere Speicherplätze **10** nachgeschaltet.

[0065] Ein einzelnes Empfangssensorsegment **7** mit nachgeschalteten Verstärkern **12**, einem A/D-Wandler **11** und einem Speicherplatz **10** ist in dem in **Fig. 4** enthaltenen Detail I noch einmal genauer dargestellt.

[0066] Die Speicherplätze **10** der Empfangssensorsegmente **7** sind Obertage mit einer Speichereinheit **13** mit einer größeren Anzahl von Speicherkanälen **14a** bzw. **14b** verbunden.

[0067] In die Speicherkanäle **14b** werden zunächst einmal die Speicherplätze **10** der Empfangssensorsegmente **7** ausgelesen, und zwar bei der ersten Messung zunächst einmal ohne eine Drehung des Sensorikträgers **1** entsprechend der Winkelrichtungen, die die Empfangssensorsegmente **7** entsprechend ihrer Anzahl und Anordnung repräsentieren.

Dadurch ergibt sich ein relativ grobes Speicherraster in den Speicherkanälen **14b**. Eine Verfeinerung des Speicherrasters bzw. eine Verdichtung der Erfassung des gesamten 360°-Winkelbereiches, entsprechend der Darstellung der **Fig. 3b**, wird dadurch erreicht, daß der Sensorikträger **1** mit den Empfangssensorsegmenten **7** um bestimmte Winkelschritte gedreht wird, und zwar in dem in **Fig. 4** dargestellten Beispiel um jeweils 3°. Nach jedem derartigen Drehschritt von 3° werden die Speicherplätze **10** der Empfangssensorsegmente **7** in entsprechende Speicherkanäle **14a** ausgelesen, die also Informationen bekommen, die zur Verfeinerung der Speicherinformation "zwischen" den Speicherkanälen **14b** mathematisch korreliert einzuordnen wären. Der entsprechende Ablauf ist im Detail II der **Fig. 4** aufgelistet

[0068] Um also eine sehr große Anzahl von Empfangssensorsegmenten zu simulieren, die über ein Multi-Scan-Verfahren mathematisch korreliert miteinander genutzt werden, müssen bei dem erfindungsgemäßen System nur relativ wenige Empfangssensorsegmente **7** vorhanden sein, während der Effekt einer größeren Anzahl durch eine Drehung in kleinen Schritten und eine entsprechend große Anzahl von Speicherkanälen **14a** erzielt wird.

[0069] Dabei soll in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, daß sich die Speicherkanäle **14a** und **14b** ihrer Art nach natürlich prinzipiell nicht unterscheiden, sondern eine unterschiedliche Benennung nur aus Gründen einer besseren Deutlichkeit gewählt worden ist.

[0070] Die **Fig. 5** bis **Fig. 7** zeigen Echogramme unter Verwendung von 24 Empfangssensorsegmenten **7**, die durch ihre Anordnung einen 360°-Winkelbereich erfassen. Die jeweiligen Echoantworten der Empfangssensorsegmente **7** sind entsprechend der Darstellung der **Fig. 3e** untereinander aufgezeichnet, also wiederum mit einer Laufzeit bzw. einer Entfernungsskala zur Wandung **9** auf der jeweiligen Abszisse der Darstellung. Aus diesen Laufzeitinformationen der **Fig. 5** bis **Fig. 7** ist erkennbar, daß die Kavernenwand **9** insgesamt eine Ondulation, also eine Entfernungsvariation um die Zentrumsachse des Sensorikträgers **1** von 20 m bis ca. 200 m aufweist.

[0071] Die **Fig. 5** bis **Fig. 7** unterscheiden sich lediglich dadurch, daß zwischen diesen einzelnen Echogrammen die jeweiligen Empfangssensorsegmente **7** um jeweils 5° um die Zentrumsachse verdreht worden sind. Die Echogrammbilder ähneln sich also, wobei aber von den Empfangssensorsegmenten **7** in den **Fig. 6** und **Fig. 7** Zwischenbereiche der Kavernenwand **9** erfaßt werden im Vergleich zu der Erfassung gemäß der **Fig. 5**.

[0072] Im Sinne der Darstellung der **Fig. 4** und den dortigen Speicherkanälen **14a** bzw. **14b** würde also

beispielsweise die **Fig. 5** die Speicherkanäle **14b** repräsentieren, während die **Fig. 6** und **Fig. 7** den Inhalt verschiedener Speicherkanäle **14a** zeigen. Würde eine entsprechende Gesamtmessung dargestellt werden sollen, müßten eigentlich die einzelnen Laufzeitkurven der **Fig. 5** bis **Fig. 7** ineinander verschachtelt bzw. miteinander kämmend, sich also gegenseitig verdichtend, dargestellt werden. Es müßte also erst die erste Laufzeitkurve der **Fig. 5** dargestellt werden, darunter die erste Laufzeitkurve der **Fig. 6**, darunter die erste Laufzeitkurve der **Fig. 7** und darunter wiederum die zweite Laufzeitkurve der **Fig. 5** usw.

[0073] **Fig. 8** zeigt in vergrößerter Darstellung das Empfangssignal eines Empfangssensorsegmentes nach einer entsprechenden Laufzeit, also quasi einen Ausschnitt aus einer Laufzeitkurve gemäß den **Fig. 5** bis **Fig. 7**, der die entsprechende Empfangsamplitude zeigt, jedoch nicht als Ergebnis einer entsprechenden Messung, sondern rein theoretisch gewonnen aus einer mathematischen Korrelation bzw. Interpolation von Laufzeitkurven. Es handelt sich also um eine unter Verwendung von Speicherkanälen **14a** und **14b** gewonnene errechnete Kurve zur weiteren Vervollständigung der durch Messungen gewonnenen Informationen.

[0074] Um zu demonstrieren, daß eine solche mathematische Information einer durch Messung zu erhaltenen Information entspricht, ist im Vergleich dazu in der **Fig. 9** eine entsprechende Meßkurve aufgezeichnet, die durch Messung an der entsprechenden Stelle, also in der entsprechenden Winkelrichtung, mit Hilfe eines herkömmlichen Einzel-Empfangssensors gewonnen worden ist. Beide Informationen können von nebensächlichen Abweichungen abgesehen relativ genau zur Deckung gebracht werden.

[0075] Damit wird deutlich, daß aufgrund der möglichen Berechnungen unter Berücksichtigung mathematischer Korrelationen in Überlappungsbereichen zwei einander überlappender benachbarter Keulenformen, egal ob diese tatsächlich räumlich oder zeitlich nach einer Drehung zueinander benachbart sind, weitere Informationen erhältlich sind, die tatsächlichen Gegebenheiten entsprechen und diese also unter Ersparung weiterer Messungen wiedergeben.

[0076] Außerdem soll noch in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, daß aus Formatgründen in den **Fig. 8** und **Fig. 9**, anders als in den **Fig. 5** bis **Fig. 7**, die Amplitude des entsprechenden Empfangssignales in waagerechter Richtung, also eigentlich in Abszissenrichtung, und die Laufzeit-Entfernungsinformation in senkrechter Richtung, also eigentlich in Ordinatenrichtung, aufgetragen ist.

Patentansprüche

1. Sensoriksystem zur geometrischen Vermessung unterirdischer Hohlräume und Kavernen mit einem in den zu vermessenden Hohlraum einbringbaren Sensorikträger, der wenigstens einen Meßimpulssender und mehrere im wesentlichen fächerförmig oder strahlenkranzförmig aus der Richtung eines Zentrums oder einer Zentrumsachse empfangende Empfangssensoren oder Empfangssensorsegmente aufweist, wobei der Sensorikträger oder wenigstens sein die Empfangssensoren tragender Teil in definierten Winkelschritten um die Zentrumsachse drehbar oder schwenkbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die mehreren Empfangssensoren oder Empfangssensorsegmente azimuthal versetzt um die Zentrumsachse herum angeordnet sind, wobei sich die Empfangsbereiche von zwei benachbarten Empfangssensoren oder Empfangssensorsegmenten wenigstens teilweise räumlich überlappen.

2. Sensoriksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangssensoren oder Empfangssensorsegmente einen 360°-Rundumbereich erfassen.

3. Sensoriksystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß um die Zentrumsachse herum etwa 15 Empfangssensoren oder Empfangssensorsegmente in gleichmäßigen Winkelabständen von jeweils etwa 24° zwischen einander benachbarten Empfangssensoren angeordnet sind.

4. Sensoriksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Empfangssensor oder -segment ein elektrischer Verstärker zur Verstärkung des von ihm empfangenen Meßimpulses und zur Einstellung seiner Empfangsscharakteristik zugeordnet und individuell regelbar ist.

5. Sensoriksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, insbesondere 4, dadurch gekennzeichnet, daß es auf die Verwendung von Meßimpulsen unterschiedlicher Frequenzen einrichtbar ist, indem der Meßimpulssender über eine entsprechende Meßimpulsfrequenz-Einstelleinrichtung verfügt und nötigenfalls auch die Empfangssensoren oder -segmente.

6. Sensoriksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß der Meßimpulssender ein Ultraschallsender ist und daß die Empfangssensoren Ultraschallwandler sind oder die Empfangssensorsegmente Segmente eines segmentierten Ultraschallwandlers sind.

7. Sensoriksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßimpulssender ein Meßimpuls in Richtungen rund um das Zentrum oder die Zentrumsachse abstrahlender omnidirektionaler Sender ist.

8. Sensoriksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Empfangssensor oder Empfangssensorsegment ein eigener, in der Empfangsrichtung des zugeordneten Empfangssensors oder -segmentes abstrahlender Meßimpulssender zugeordnet ist.

9. Sensoriksystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Empfangssensor oder die Empfangssensorsegmente selbst sowohl als Meßimpulssender als auch als Empfangssensor zeitlich nacheinander nutzbar sind.

10. Sensoriksystem nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensorikträger oder wenigstens sein die Empfangssensoren oder -segmente tragender Teil um eine quer zur Drehachse verlaufende Kippachse kippbar angeordnet ist.

11. Sensoriksystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der die Empfangssensoren oder -segmente tragende Teil auch den Meßimpulssender oder die Meßimpulssender trägt.

12. Verfahren zur geometrischen Vermessung unterirdischer Hohlräume und Kavernen mit einem Sensoriksystem mit einem in den zu vermessenden Hohlraum einbringbaren Sensorikträger, der wenigstens einen Meßimpulssender und mehrere im wesentlichen fächerförmig oder strahlenkranzförmig aus der Richtung eines Zentrums oder einer Zentrumsachse empfangende Empfangssensoren oder Empfangssensorsegmente aufweist, nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die Empfangssensoren oder Empfangssensorsegmente zur Durchführung zeitlich aufeinanderfolgender Messungen um die Zentrumsachse der Empfangssensorrichtung um vorbestimmbare Winkelbereiche gedreht werden, die kleiner sind als die Öffnungswinkel oder Erfassungswinkel eines jeweiligen Empfangssensors oder segmentes, und daß die zeitlich aufeinanderfolgenden Messungen mathematisch korreliert ausgewertet werden.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangssensoren oder Empfangssensorsegmente einen 360°-Rundumbereich erfassen.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

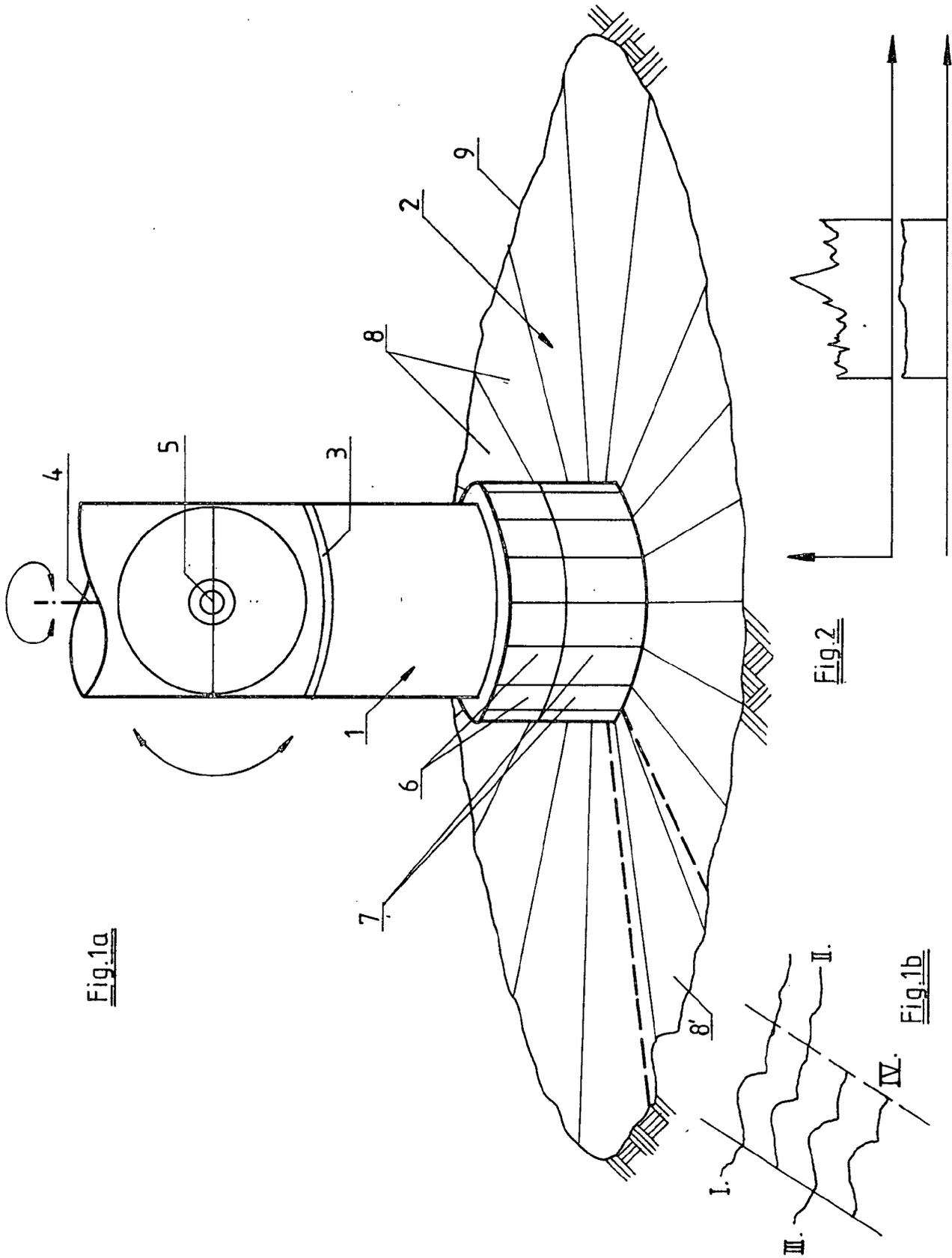


Fig. 1a

Fig. 2

Fig. 1b

Fig-3

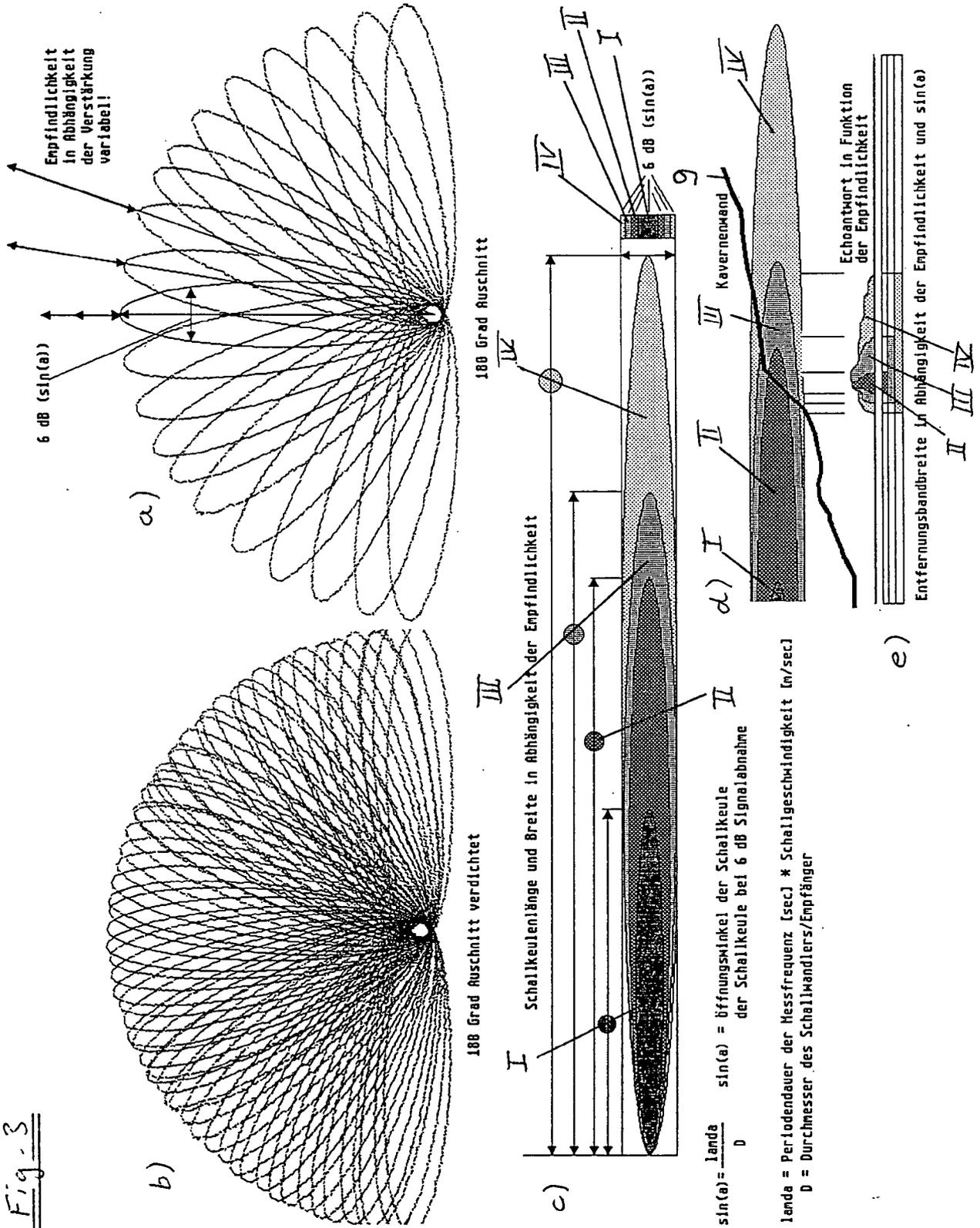


Fig. 4

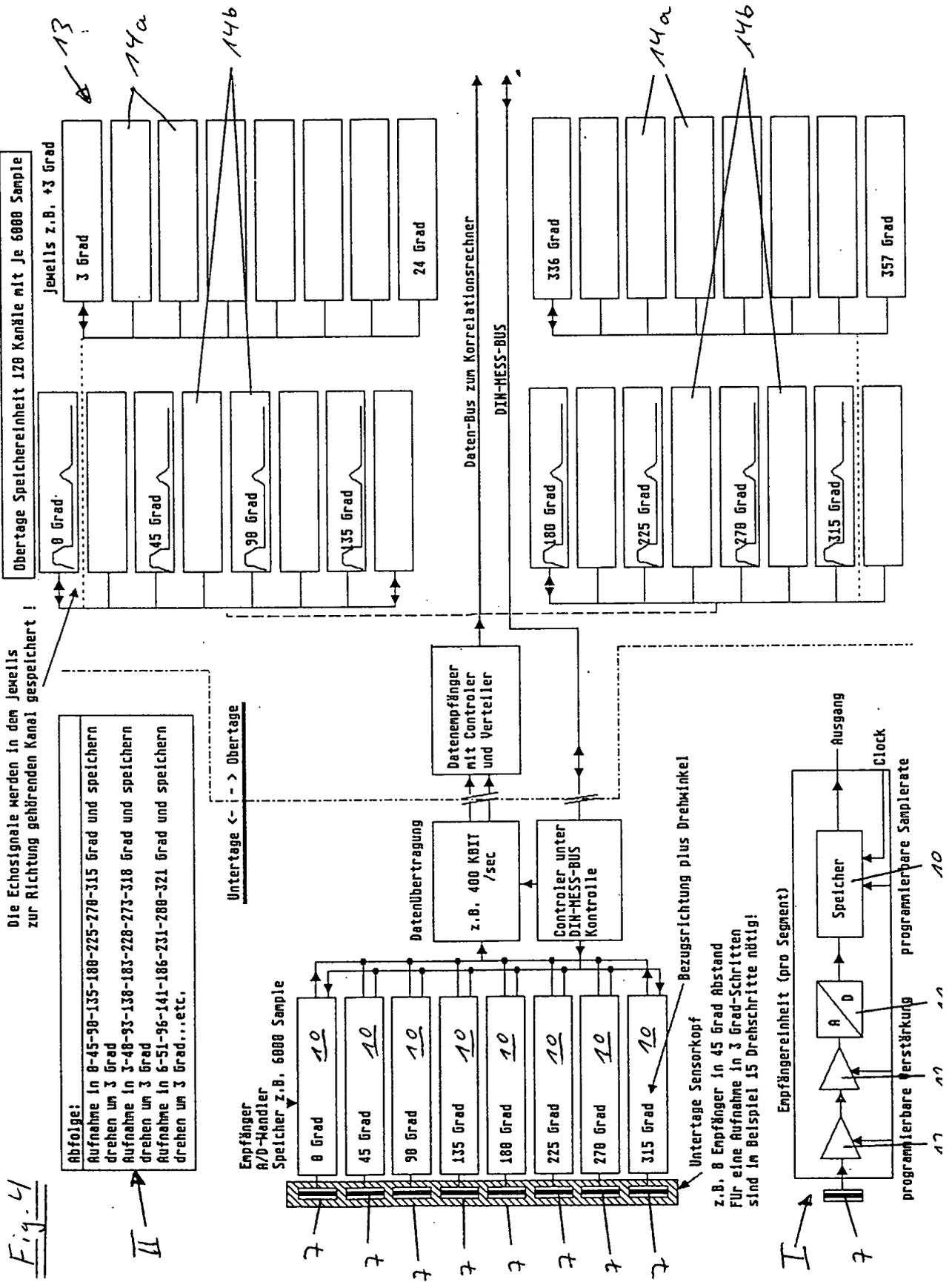
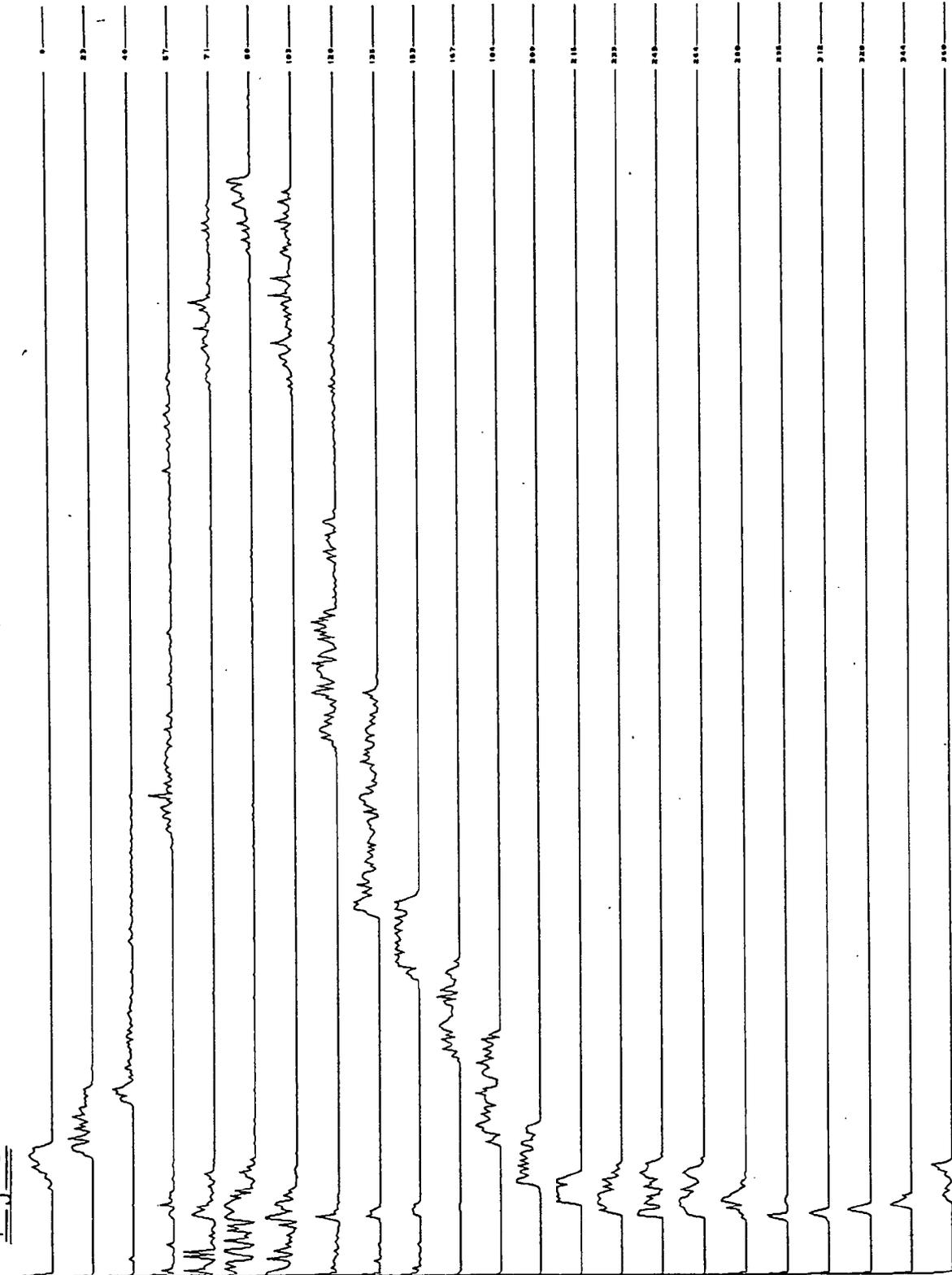
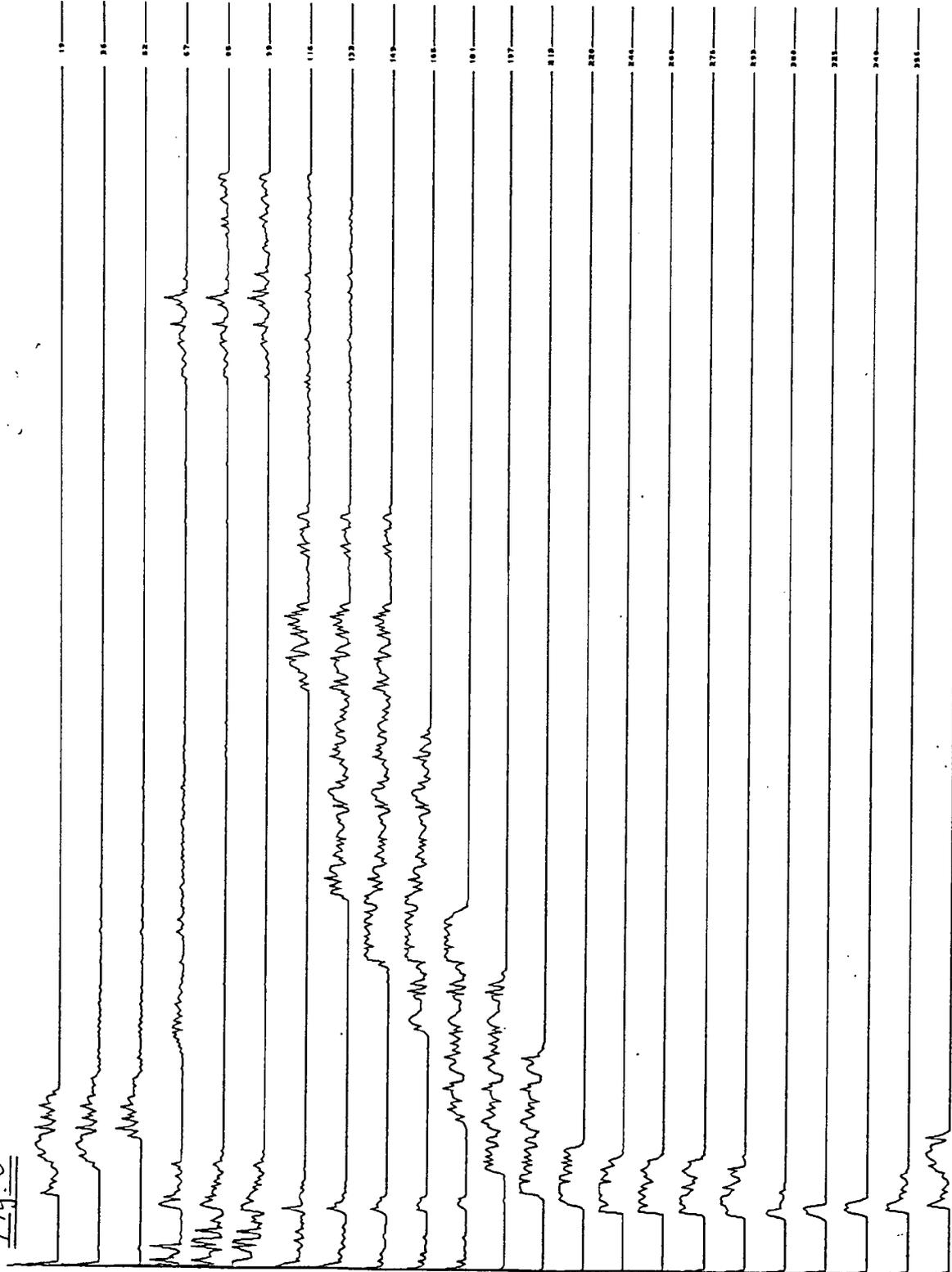


Fig. 5



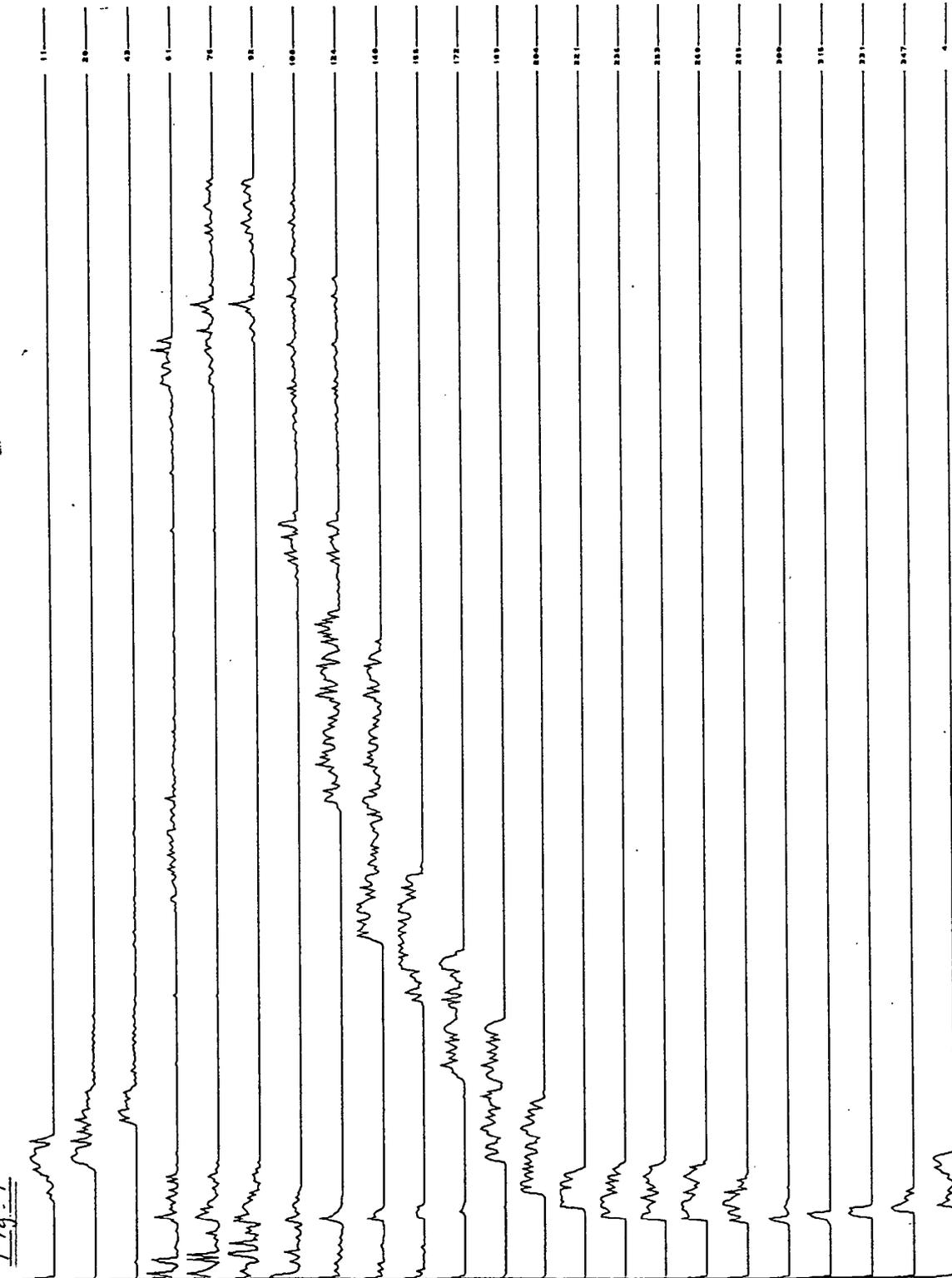
96123

Fig. 6



96123

Fig. 7



96123

96123

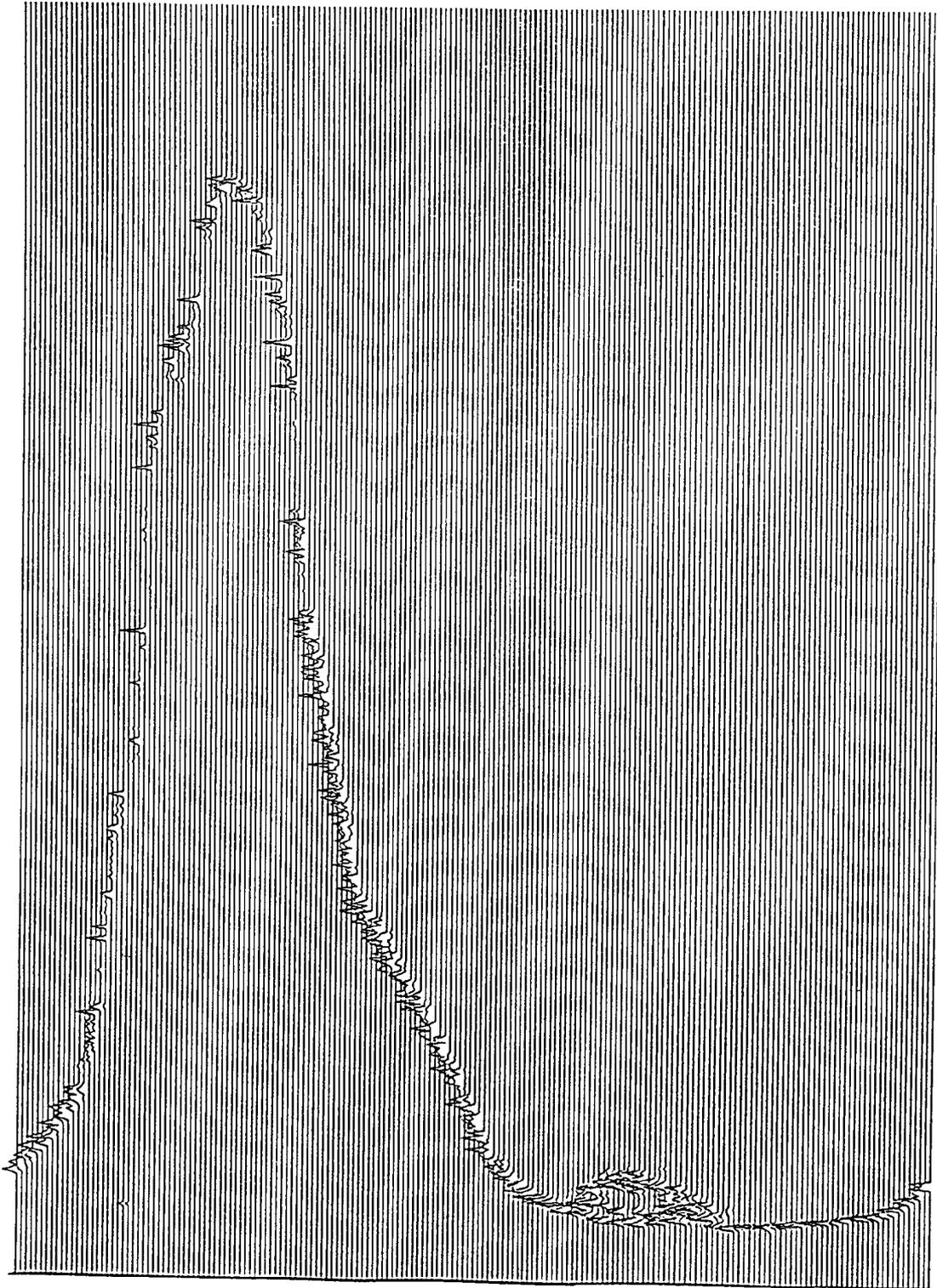


Fig. 8

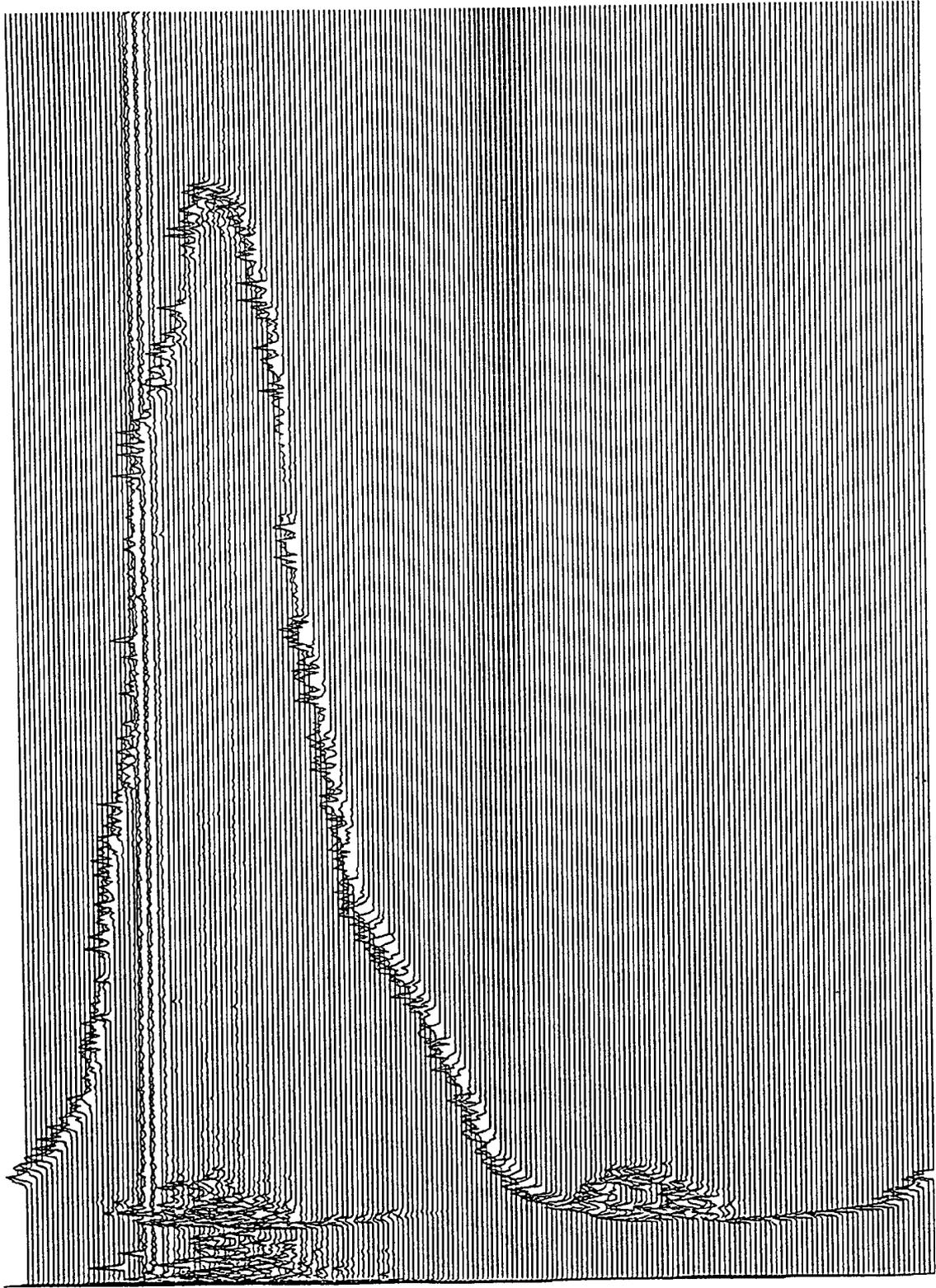


Fig. 9