



PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

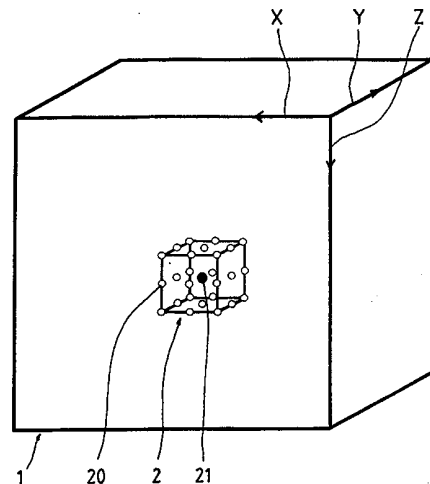
(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : G01V 1/32	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/46615 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 10. August 2000 (10.08.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/00139 (22) Internationales Anmeldedatum: 12. Januar 2000 (12.01.00) (30) Prioritätsdaten: 199 04 347.7 3. Februar 1999 (03.02.99) DE (71)(72) Anmelder und Erfinder: TRAPPE, Henning [DE/DE]; Burgwedeler Strasse 89, D-30916 Isernhagen (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HELLMICH, Carsten [DE/DE]; Kollenrodtstrasse 54, D-30163 Hannover (DE). FÖLL, Marc [DE/DE]; Kollenrodtstrasse 54, D-30163 Hannover (DE). (74) Anwalt: HANSEN, Jochen; Eisenbahnstrasse 5, D-21680 Stade (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: NO, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>	

(54) Title: METHOD FOR PROCESSING SEISMIC DATA

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR SEISMISCHEN DATENVERARBEITUNG

(57) Abstract

The invention relates to a method for processing a seismic 2-D or 3-D measurement data set comprised of a multitude of seismic traces each comprising a series of data points provided with amplitude values. The inventive method is characterized by the following steps: Converting the measurement data set into a binary data set in which either the number "0" is assigned to each data point when an amplitude value is less than a predetermined threshold value, or else the number "1" is assigned to each data point; including a vicinity which is located around each binarized data point and which is defined by a predetermined cell size in a similarity analysis, whereby a value is assigned to each data point. Said value reflects the degree of similarity of the binary data values in the respective allocated cell and, alternatively, corresponds to the larger number of data points having the same binary value of the cell, to the sum of the respective larger number of data points having the same binary value in the horizontal planes containing many data points, or corresponds to the sum of the respective larger number of data points having the same binary value in each trace of the cell.



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bearbeitung eines seismischen 2-D oder 3-D Messdatensatzes bestehend aus einer Vielzahl von seismischen Spuren, die jeweils eine Reihe von mit Amplitudenwerten belegten Datenpunkten aufweisen, gekennzeichnet durch die Schritte: Umwandeln des Messdatensatzes in einen Binärdatensatz, in dem jedem Datenpunkt entweder die Zahl "0" bei gegenüber einem vorbestimmten Schwellenwert kleinerem Amplitudenwert oder anderenfalls die Zahl "1" zugewiesen wird; Einbeziehen einer mit einer vorbestimmten Zellengröße definierten Umgebung zu jedem binarisierten Datenpunkt in eine Ähnlichkeitsanalyse, wobei jedem Datenpunkt ein Wert zugewiesen wird, der den Grad der Ähnlichkeit der binären Datenwerte in der jeweiligen zugeordneten Zelle widerspiegelt und alternativ der größeren Anzahl der Datenpunkte mit gleichem Binärwert der Zelle entspricht, der Summe der jeweils größeren Anzahl der Datenpunkte mit gleichem Binärwert in den einen Datenpunkt mächtigen horizontalen Ebenen der Zelle entspricht oder der Summe der jeweils größeren Anzahl der Datenpunkte mit gleichem Binärwert in jeder Spur der Zelle entspricht.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

B E S C H R E I B U N G

Verfahren zur seismischen Datenverarbeitung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bearbeitung eines seismischen 2-D oder 3-D Meßdatensatzes bestehend aus einer Vielzahl von seismischen Spuren, die jeweils eine Reihe von mit Amplitudenwerten belegten Datenpunkten aufweisen.

10

Seismische Erkundungsverfahren werden weltweit genutzt, um neben Informationen aus abgeteuften Bohrungen zusätzliche Erkenntnisse über Verbreitung von geologischen Strukturen im Untergrund zu erhalten. Oftmals kann aufgrund von Informationen aus seismischen Daten auf weitere kostenintensive Erkundungsbohrungen verzichtet oder ihre Zahl auf ein Minimum eingeschränkt werden.

20

Bei der seismischen Erkundung des Untergrundes werden Sensoren (Geophone/Hydrophone) benutzt, die hintereinander aufgereiht (2D-Seismik) Schallwellen empfangen. Diese Wellen werden von einer seismischen Quelle, beispielsweise Sprengladung, Vibrationsanregung oder Luftpulsern (airguns), angeregt und von den Erdschichten z. T. an die Oberfläche zurückreflektiert. Dort werden sie von den Sensoren registriert und in Form einer Zeitreihe aufgezeichnet. Diese Zeitreihe stellt die ankommende seismische Energie in Form von Amplitudenschwankungen dar. Sie wird digital gespeichert und besteht aus gleichmäßig angeordneten Datenpunkten (Samples), die durch die Zeit und den zugehörigen Amplitudenwert gekennzeichnet sind. Eine

30

solche Zeitreihe wird auch als seismische Spur bezeichnet. Die Meßreihe wandert über das zu untersuchende Gebiet, so daß mit dieser Anordnung ein 2D seismisches Profil aufgenommen wird.

5

Die nachfolgende Weiterverarbeitung (Processing) hat eine Rauschunterdrückung z. B. durch Stapelung oder gezielt angewendete Filter zum Ziel. Resultierende Ergebnisse sind Vertikalprofile, in denen Amplituden und Laufzeiten sowie aus Amplituden abgeleitete Attribute dargestellt sind, die als Grundlage für die weitere geologische Auswertung dienen. Die geologischen Schichten lassen sich auf einem Profil durch die laterale Amplitudenaneinanderreihung verfolgen.

10

15

Werden die Daten nicht nur entlang einer Linie sondern in einem flächenmäßigen Raster aufgenommen, ergibt sich ein dreidimensionales Datenvolumen. Im Fall des 3D-Volumens wird einem beliebigen Punkt im Untergrund, beschrieben z. B. durch kartesische Koordinaten, ein Amplitudenwert zugeordnet. Die vertikale Richtung wird in Zeit (Schalllaufzeit) gemessen.

20

Dabei fallen große Datenmengen an (mehrere Gigabyte), die gespeichert und dem Processing unterzogen werden, bevor die eigentliche Interpretation in Bezug z. B. auf die weitere Erkundung des Untergrundes möglich ist. Diese Prozesse verlangen umfangreiche Computerressourcen und Software, um das empfangene Signal zu verarbeiten und zu korrigieren. Das Ergebnis ist ein seismisches Volumen in Form eines 3D-Datensatzes, der in einem seismischen Abbild physikalische Eigenschaften des untersuchten Untergrundes darstellt.

25

30

Aus diesem Datensatz können beliebige Schnitte, wie z. B. vertikale Profile und horizontale Karten aus verschiedenen Teufen extrahiert werden, die im weiteren Verlauf von Geophysikern und Geologen interpretiert werden. Da diese Interpretation der gewonnenen seismischen Abbilder im wesentlichen eine optische Korrelation umfaßt, sind Versuche unternommen worden, diese von einem oder mehreren Interpreten abhängige, subjektive Auswertung zu automatisieren.

10

Aus der WO 96/18915 ist ein Verfahren zur seismischen Datenverarbeitung bekannt, bei dem ein seismisches 3D-Volumen in eine Vielzahl von vertikal übereinanderstehenden und beabstandeten horizontalen Scheiben aufgeteilt wird, wobei wenigstens eine Scheibe in eine Vielzahl von Zellen geteilt wird. Dabei weist jede Zelle wenigstens 3 Spurabschnitte auf, wobei der erste und zweite Spurabschnitt in eine Vertikalebene in Profilrichtung (inline) und der dritte Spurabschnitt mit dem ersten Spurabschnitt in einer Vertikalebene im wesentlichen senkrecht zur Profilrichtung (crossline) angeordnet sind. Dann wird eine Kreuzkorrelation zwischen jeweils zwei Spurabschnitten in den beiden Vertikalebenen durchgeführt, die von der Schichtneigung abhängige inline- und crossline-Werte ergeben. Die Kombination dieser Werte in einer Zelle ergibt einen Kohärenzwert für die Zelle, der einem Datenpunkt der Zelle zugeordnet wird. Das Endergebnis ist wiederum ein 3D-Datenvolumen, aus dem beliebige Schnitte extrahiert und dargestellt werden können.

30

Aus der EP 0 832 442 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur seismischen Datenverarbeitung mittels Kohärenzcharakteristik bekannt, bei dem in zur o.g.

Druckschrift ähnlichen Weise ein seismisches Volumen in horizontale Scheiben und diese wiederum in Zellen unterteilt werden. Diese Zellen sind im einfachsten Fall würfelförmig. Aus dem in einer Zelle befindlichen wenigstens zwei Spurabschnitten wird eine Korrelationsmatrix als Summe der Differenzen jeweils des inneren und des äußeren Produkts der Wertetupel aus den Spurabschnitten gebildet. Als Maß für die Kohärenz wird dann der Quotient aus dem größten Eigenwert der Matrix und der Summe aller Eigenwerte berechnet. Als Ergebnis entsteht wiederum ein 3D-Volumen bestehend aus Kohärenzwerten.

Desweiteren betrifft die EP 0 796 442 A1 ein Verfahren und eine Anlage zur seismischen Datenverarbeitung, bei dem ein Kohärenzverfahren, basierend auf einer Semblanceanalyse, durchgeführt wird. Ähnlich zu den beiden vorgenannten Verfahren wird ein seismisches Datenvolumen in wenigstens eine horizontale Zeitscheibe und diese in eine Vielzahl von dreidimensionalen Analysezellen eingeteilt, wobei jede Zelle zwei vorbestimmte, zueinander senkrechte Lateralrichtungen und wenigstens fünf nebeneinander angeordnete seismische Spurabschnitte darin aufweist. In der jeweiligen Zelle wird dem entsprechenden Datenpunkt ein Semblancewert der in der Zelle befindlichen Spurabschnitte zugeordnet. Die Semblance ist hierbei ein bekanntes Maß für die Übereinstimmung seismischer Spurabschnitte. Dabei wird durch ein Absuchen verschiedener Schichtneigungen und Richtungen das Einfallen und die Einfallsrichtung des analysierten Reflektors durch die beste Kohärenz ermittelt. Neben dem Semblancewert werden dann für jede Zelle auch die berechneten Neigungsdaten angezeigt.

Die drei vorgenannten Auswerteverfahren ermöglichen zwar eine automatisierte Unterstützung der Dateninterpretation, jedoch wird die damit erreichbare höhere Objektivität in der Interpretation mit einem erheblichen Rechenaufwand an den seismischen Daten erkauft.

Aus der Präsentation auf der DGMK Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e. V., Tagungsbericht 9601 (1996) ist von C. Hellmich, H. Trappe und J. Fertig mit dem Titel "Bildverarbeitung seismischer Attribute und Geostatistik im Oberkarbon" eine Bildbearbeitungsmethode bekannt, die eine quantitative Charakterisierung seismischer Darstellungen ermöglicht und somit weitere Interpretationen der Lithologie zuläßt. Dabei werden unterschiedliche Bildverarbeitungsfilter auf Amplitudenkarten angewandt und die Schwankungen bzw. die Kontinuität der Amplitudenwerte der näheren Umgebung quantifiziert. Diese Filter stellen 2D-Mehrspurfilter dar, mit denen die lokale Umgebung um einen Datenpunkt herum ausgewertet wird. Verwendete Operatoren hierfür sind u.a. Entropie und Dispersion. Mit allen Attributen können Karten zur Interpretation erzeugt werden. Dabei sind die Größen "Entropie" oder "Dispersion" Maßzahlen, die Schwankungen bzw. Kontinuitäten der Amplitude in der lokalen Umgebung quantifizieren.

Eine großflächige Bearbeitung der o.g. Methoden scheidet häufig aus Kostengründen aus.

Die US 5 432 751 und US 5 153 858 beschreiben eine Zuordnung von dem Wert "0" oder "1" zu einem Sample,

wobei diese Zuordnung lediglich dem Markieren und schnellen Wiederauffinden von Stellen im seismischen Signal mit einer bestimmten Charakteristik dient. Dabei sollen diese Markierungen dazu dienen, zu einem
5 späteren Zeitpunkt diese Stellen in einem halbautomatischen Verfahren zu einem geologischen Horizont zusammenzufassen (Automatik-Picking), wobei die durch die Zuordnung erzielte Speicherplatzreduzierung die interaktive Bearbeitung
10 der Gesamtheit der charakteristischen Stellen ermöglicht. Es wird also zunächst der seismische Meßdatensatz nach einer bestimmten Charakteristik verglichen und nach dem Ergebnis der entsprechende Horizont mit "1" markiert. Dann dient dieser Datensatz
15 ausschließlich dem schnellen Wiederauffinden entsprechender Datenpositionen der originalen, erheblich umfangreicheren seismischen Daten.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Bearbeitungsverfahren für seismische Meßdatensätze anzugeben, mit dem die
20 Identifizierung geologischer Strukturen, wie z. B. Störungen oder Schichtversätze, wie auch der stratigraphischen, lithologischen und petrologischen Verhältnisse bei möglichst geringem Rechenaufwand und gleichzeitiger hoher Objektivität der Ergebnisse
25 ermöglicht wird.

Gelöst wird diese Aufgabe mit einem Verfahren gemäß Patentanspruch 1, 2 oder 3.

30 Erfindungswesentlich ist dabei, daß der zu untersuchende Meßdatensatz, bestehend aus einer Vielzahl von Reihen von mit Amplitudenwerten belegten Datenpunkten, die in der Regel Zeitreihen sind, in

einen Binärdatensatz umgewandelt wird, wobei jedem Datenpunkt statt des mehrere Byte umfassenden diskreten Amplitudenwertes ein Binärwert "0" oder "1" zugewiesen wird. Dabei wird der diskrete Amplitudenwert mit einem
5 vorbestimmten Schwellenwert verglichen und bei einem gegenüber dem Schwellenwert kleineren Amplitudenwert die Zahl "0" und anderenfalls die Zahl "1" zugewiesen. Die Amplitudeninformation wird somit binarisiert. Die Datenmenge reduziert sich beispielsweise bei einer
10 üblichen Amplitudenauflösung von 4 Byte um den Faktor 32.

Der so erzeugte Binärdatensatz wird nachfolgend einer Ähnlichkeitsanalyse in einer mit vorbestimmter
15 Zellengröße definierten Umgebung unterzogen, wo zu jedem Datenpunkt die Ähnlichkeit der in der Zelle befindlichen Binärdaten analysiert wird und dem zugeordneten zentralen Datenpunkt eine die Ähnlichkeit widerspiegelnde Größe zugewiesen wird.

20 Da nur mit Binärgrößen gerechnet werden muß, verkürzt sich die Rechenzeit gegenüber vergleichbaren Interpretationsmethoden um ca. 97 %. Darüberhinaus verlangen die Ergebnisdaten gegenüber vergleichbaren
25 Methoden einen verringerten Speicherplatz, da in der Regel 1 Byte zur Darstellung des Attributes "Ähnlichkeit" ausreicht. Ferner ist das Verfahren aufgrund der Normierung durch die Binarisierung
30 niveauunabhängig, so daß keine Skalierungsprobleme bei der Ergebnisdarstellung auftreten. Zudem ist das Ergebnis unabhängiger in Bezug auf mögliche Verarbeitungs(Processing)-fehler.

Der erfindungsgemäß erzeugte Datensatz kann in üblichen

Horizontal- oder Vertikalschnitten (Karten und Profilen), beispielsweise in Graustufen oder in Farbcodierung dargestellt werden. Diese Karten und Profile zeigen ein klares Abbild der geologischen Strukturen, wie beispielsweise die Lokalisierung von Salzüberhängen, Lage und Orientierung von Störungen, Schicht- und Blockversätzen, Horst- und Grabenstrukturen etc., und geben somit ein Instrument zur Beurteilung des Untergrundes an. Insbesondere können Kohlenwasserstofflagerstätten, beispielsweise Erdöl- und Erdgasfallen und allgemein die laterale, wie auch vertikale Verteilung von Erdöl- und Erdgasvorkommen aus den erfindungsgemäß verarbeitenden Datensätzen bestimmt werden.

Dabei wird der Wert, der die Ähnlichkeit widerspiegelt, durch Zählung der Datenpunkte mit gleichem Binärwert (jeweils "0" und "1") in der gesamten Umgebungszelle errechnet, wobei die größere Zahl (Anzahl dem zentralen Datenpunkt im neu entstehenden Datensatz zugeordnet wird. Dabei spiegeln große Werte eine große Übereinstimmung der Datenwerte in der betrachteten Zelle wider.

Alternativ wird die Ermittlung des Ähnlichkeitswertes durch Zählung der Datenpunkte mit gleichem Binärwert, jeweils "0" und "1", jedoch für jede horizontale, einen Datenpunkt mächtige Scheibe der Zelle getrennt durchgeführt. Die größere Zahl (Anzahl) wird als Ähnlichkeitswert der Scheibe in einem Zwischenschritt zugewiesen, wonach die Summe der einzelnen Werte dem zentralen Datenpunkt im neu entstehenden Datensatz zugeordnet wird. Mit dieser Ähnlichkeitsanalyse wird eine horizontale Gewichtung berücksichtigt.

Weiter alternativ kann eine Gewichtung in linearer, vertikaler Richtung entlang der jeweiligen seismischen Spur dadurch erreicht werden, daß eine Zählung der Datenpunkte mit gleichem Binärwert, jeweils "0" und "1", erfolgt, jedoch für jede Spur, d. h. binäre Zeitreihe, der Zelle getrennt. Die größere Zahl (Anzahl) wird als Ähnlichkeitswert in einem Zwischenschritt der Spur zugewiesen. Die Summe der einzelnen spurbezogenen Werte einer Zelle werden dann dem zentralen Datenpunkt im neu entstehenden Datensatz zugeordnet.

Da die üblichen Amplitudenwerte seismischer Spuren zwischen $+X$ und $-X$ variieren, wobei X eine maximal darstellbare Amplitudengröße ist, würde ein Schwellenwert um 0 statistisch eine etwa gleichgewichtige Aufteilung von "0" und "1" im bei der Binarisierung erzeugten Binärdatensatz liefern. Bevorzugt wird jedoch nicht 0, sondern ein um wenige Bit (LSB) größerer oder kleinerer Wert als Schwellenwert voreingestellt.

Alternativ kann als Schwellenwert der aus einer Histogrammanalyse des Meßdatensatzes oder eines Ausschnittes davon vor der Binarisierung als häufigster Wert hervorgegangener Amplitudenwert bestimmt werden.

Wenn die Zelle zum bearbeiteten Datenpunkt angenähert eine rechteckige/quaderförmige oder elliptische/ellipsoidförmige Umgebung umfaßt, wird ein möglichst ausgewogenes Analyseergebnis erreicht. Bevorzugt sind dabei würfelförmige oder kugelförmige Zellen.

Eine für viele Anwendungen geeignete Zellengröße besteht aus 5 x 5 Datenpunkten bei einem 2D-Datensatz bzw. 5 x 5 x 5 Datenpunkten bei einem 3D-Datensatz.

- 5 Als Ausgangspunkt wird bevorzugt ein statisch und dynamisch korrigierter, gestapelter und migrierter seismischer Meßdatensatz verwendet. Es können auch weiterverarbeitete Meßdatensätze, beispielsweise
10 zusätzlich gefilterte und teufenkonvertierte Datensätze verwendet werden. Ebenso ist die Anwendung auf ungestapelte Daten, beispielsweise Einzelschußzusammenstellungen (shotgather) und CMP-gather möglich. Dazu zählen auch abgeleitete seismische Attribute, wie akkustische Impedanz (aus der seismischen Inversion) und AVO-
15 Attribute (z.B. AVO-Gradient, AVO-Intercept).

Nachfolgend wird die Erfindung in einem Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren detailliert beschrieben.

20

Darin zeigt:

- Fig. 1 ein schematisch dargestelltes 3D-Datenvolumen mit einer exemplarisch markierten Zelle,
25 Fig. 2 die Oberkante einer Schicht aus einem erfindungsgemäß bearbeiteten Datensatz in einer Kartendarstellung und
Fig. 3 die Oberkante einer weiteren Schicht des gleichen Meßgebietes in einer Darstellung wie
30 Fig. 2.

In Fig. 1 ist schematisch ein 3D-Datensatz als quaderförmiges Volumen 1 dargestellt. In dem 3D-Datenvolumen sind eine Vielzahl nicht einzelnd

dargestellter seismischer Spuren zusammengestellt. Die seismischen Spuren sind dabei bevorzugt aus mehrfach überdeckten seismischen Meßprofilen durch statische und dynamische Korrekturen mit anschließender Stapelung und Migration gewonnen. Jede seismische Spur entspricht damit einer in Richtung der Z-Achse (Tiefe) verlaufenden Zeitreihe, wobei jedem Datenpunkt (Sample) ein digitaler Amplitudenwert zugeordnet ist. Der Abstand der Datenpunkte ist abhängig von der Abtastrate, die üblicherweise in der Seismik 1, 2 oder 4 Millisekunden beträgt. Der Spurabstand in lateraler Richtung (X- und Y-Richtung) ist abhängig von der Auslagengeometrie und der Schußfolge und beträgt üblicherweise 12,5 m, 25 m oder 50 m.

Zunächst wird nun jeder Amplitudenwert eines Datenpunktes in dem Datenvolumen mit einem Schwellenwert verglichen und bei Unterschreiten des Schwellenwertes mit "0" bzw. bei Überschreiten des Schwellenwertes mit "1" belegt. Somit wird ein binärer Datensatz mit der gleichen Anzahl und Anordnung von Datenpunkten erzeugt, bei der jedem Datenpunkt nur ein binärer Wert ("0" oder "1") zugeordnet wird.

Nun wird eine Umgebungszelle für die weitere Verarbeitung vorgewählt, die zu jedem betrachteten zentralen Datenpunkt eine bestimmte Anzahl und geometrische Anordnung angrenzender Datenpunkte umfaßt.

Die Zelle kann dabei sowohl in lateraler Richtung (X- und Y-Richtung), wie auch in vertikaler Richtung beliebig groß gewählt werden. Auch die Zellenform ist nicht festgelegt. Aufgrund des räumlichen Rasters der Datenpunkte erscheint eine quaderförmige oder

würfelförmige Zellenform bevorzugt. Ebenso können jedoch auch angenähert zylinderförmige, ellipsoidförmige oder parallelepipedförmige Zellen vorgewählt werden. Die Wahl der Zellengröße hängt
5 einerseits von den sich im Datensatz widerspiegelnden geologischen Gegebenheiten und andererseits von den geometrisch-/zeitlichen Rasterabständen der Datenpunkte im Datensatz ab.

Zur Veranschaulichung ist in Fig. 1 eine $3 \times 3 \times 3$
10 Datenpunkte umfassende Zelle 2 in Würfelform wiedergegeben. Eine derartige Zelle 2 umfaßt 27 binäre Datenpunkte 20 in der Zelle 2. Es werden somit die um einen zentralen Datenpunkt 21 sich direkt anschließenden Datenpunkte bei der Auswertung für
15 diesen zentralen Datenpunkte 21 berücksichtigt.

Es wird hier darauf hingewiesen, daß sich in der Praxis eine Zellengröße von $5 \times 5 \times 5$ Datenpunkten als besonders vorteilhaft herausgestellt hat. Die in Fig. 1 dargestellte Zellengröße dient insbesondere der
20 Veranschaulichung.

Für die nachfolgende Ähnlichkeitsanalyse wird nun diese voreingestellte Umgebungszelle zu jedem im zu betrachtenden Datenvolumen enthaltenen Datenpunkt gebildet. An den Rändern des Datensatzes wird eine
25 Auswertung nur für Datenpunkte vorgenommen, für die die Umgebungszelle vollständig im Datenvolumen enthalten ist. Alternativ können auch Nullspuren an den Rändern hinzugefügt werden, um auch zu Datenpunkten, die auf dem Rand des Originaldatensatzes liegen,
30 Ähnlichkeitswerte berechnet zu können, wobei der Ähnlichkeitswert von den angefügten Nullspuren

beeinflusst wird.

Bei der Ähnlichkeitsanalyse wird dann jedem Zentral- oder Mittelpunktswert ein die Ähnlichkeit in der jeweiligen Umgebungszelle widerspiegelnder Wert zugeordnet. Somit wird aus dem binären Datensatz ein Datensatz mit gleichem Datenpunktraster erzeugt, wobei jedem Datenpunkt ein Ähnlichkeitswert als Attribut zugewiesen wird.

In Fig. 2 ist eine Kartendarstellung der Oberkante einer Schicht nach Bearbeitung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wiedergegeben.

Dabei ist in dem 3D-Datensatzvolumen die Oberkante dieser Schicht vorher bei der üblichen seismischen Datenauswertung markiert (gepickt) worden.

Zur erfindungsgemäßen seismischen Datenbearbeitung wurde das 3D-Datenvolumen, wie oben beschrieben, in einen Binärdatensatz umgewandelt. Nun wurde entlang der markierten, einen Datenpunkt mächtigen Schichtoberkante, die erfindungsgemäße Ähnlichkeitsanalyse zu den die Schichtoberkante repräsentierenden Datenpunkten durchgeführt. Dabei wurde in dem Ausführungsbeispiel eine Zellengröße von 5 x 5 x 7 Datenpunkten in X-, Y- und Z-Richtung verwendet. Diese Umgebung wurde für jeden Datenpunkt entlang der Schichtoberkante betrachtet. Dabei wurde als Ähnlichkeitswert dem betrachteten zentralen Datenpunkt die größere Anzahl gleicher Binärwerte in der betrachteten Zelle zugewiesen. Der Wertebereich umfaßt somit natürliche Zahlen von 88 bis 175, die entsprechend in Fig. 2 rechts dargestellter

Grauabstufung in der Kartendarstellung wiedergegeben sind.

In Fig. 3 ist eine entsprechende Kartendarstellung einer weiteren Schichtoberkante wiedergegeben, die in
5 zu Fig. 2 entsprechender Verarbeitung erstellt ist.

In beiden Figuren sind in dem Meßgebiet vorhandene Bohrlokationen mit großen Buchstaben gekennzeichnet.

Die als Karten wiedergegebenen, erfindungsgemäß
10 verarbeiteten Datensätze erleichtern die Interpretation der Untergrunddaten. Beispielsweise sind in den Fig. 2 und 3 Störungszonen deutlich an den mit Pfeilen 3 gekennzeichneten Stellen erkennbar. Diese Störungszonen sind in herkömmlich verarbeiteten 3D-Datensätzen nur schwer lokalisierbar.

15 Mit der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es möglich, eine verbesserte Identifizierung geologischer Strukturen sowie der stratigraphischen, lithologischen und petrologischen Verhältnisse zu erreichen. Dabei ist der Rechenaufwand durch die
20 Binarisierung der Amplitudenwerte und der mit einfachen Rechenregeln realisierten Ähnlichkeitsanalyse minimiert.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Bearbeitung eines seismischen 2-D
5 oder 3-D Meßdatensatzes bestehend aus einer Viel-
zahl von seismischen Spuren, die jeweils eine Reihe
von mit Amplitudenwerten belegten Datenpunkten
aufweisen, mit den Schritten:
- 10 - Umwandeln des Meßdatensatzes in einen
Binärdatensatz, in dem jedem Datenpunkt entweder
die Zahl "0" bei gegenüber einem vorbestimmten
Schwellenwert kleinerem Amplitudenwert oder
15 anderenfalls die Zahl "1" zugewiesen wird und
- Einbeziehen einer mit einer vorbestimmten
Zellengröße definierten Umgebung zu jedem
binarisierten Datenpunkt in eine
20 Ähnlichkeitsanalyse, wobei jedem Datenpunkt ein
Wert zugewiesen wird, der den Grad der
Ähnlichkeit der binären Datenwerte in der
jeweiligen zugeordneten Zelle widerspiegelt und
der größeren Anzahl der Datenpunkte mit gleichem
Binärwert der Zelle entspricht.
- 25
2. Verfahren zur Bearbeitung eines seismischen 2-D
oder 3-D Meßdatensatzes bestehend aus einer Viel-
zahl von seismischen Spuren, die jeweils eine Reihe
von mit Amplitudenwerten belegten Datenpunkten
30 aufweisen, mit den Schritten:
- Umwandeln des Meßdatensatzes in einen
Binärdatensatz, in dem jedem Datenpunkt entweder
die Zahl "0" bei gegenüber einem vorbestimmten

Schwellenwert kleinerem Amplitudenwert oder
anderenfalls die Zahl "1" zugewiesen wird und

- 5
10
15
- Einbeziehen einer mit einer vorbestimmten
Zellengröße definierten Umgebung zu jedem
binarisierten Datenpunkt in eine
Ähnlichkeitsanalyse, wobei jedem Datenpunkt ein
Wert zugewiesen wird, der den Grad der
Ähnlichkeit der binären Datenwerte in der
jeweiligen zugeordneten Zelle widerspiegelt und
der Summe der jeweils größeren Anzahl der
Datenpunkte mit gleichem Binärwert in den einen
Datenpunkt mächtigen horizontalen Ebenen der
Zelle entspricht.
3. Verfahren zur Bearbeitung eines seismischen 2-D
oder 3-D Meßdatensatzes bestehend aus einer Viel-
zahl von seismischen Spuren, die jeweils eine Reihe
von mit Amplitudenwerten belegten Datenpunkten
aufweisen, mit den Schritten:
- 20
- Umwandeln des Meßdatensatzes in einen
Binärdatensatz, in dem jedem Datenpunkt entweder
die Zahl "0" bei gegenüber einem vorbestimmten
Schwellenwert kleinerem Amplitudenwert oder
anderenfalls die Zahl "1" zugewiesen wird und
- 25
- Einbeziehen einer mit einer vorbestimmten
Zellengröße definierten Umgebung zu jedem
binarisierten Datenpunkt in eine
Ähnlichkeitsanalyse, wobei jedem Datenpunkt ein
Wert zugewiesen wird, der den Grad der
Ähnlichkeit der binären Datenwerte in der
jeweiligen zugeordneten Zelle widerspiegelt und
- 30

der Summe der jeweils größeren Anzahl der Datenpunkte mit gleichem Binärwert in jeder Spur der Zelle entspricht.

- 5 4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, gekennzeichnet durch einen geringfügig größer oder kleiner als Null voreingestellten Schwellenwert.
- 10 5. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßdatensatz oder ein Ausschnitt davon vor der Binarisierung einer Histogrammanalyse unterzogen wird und der häufigste Amplitudenwert als Schwellenwert verwendet wird.
- 15 6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zelle zum bearbeiteten Datenpunkt angenähert eine rechteckige/quaderförmige oder elliptische/ellipsoidförmige Umgebung umfaßt.
- 20 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zellengröße auf 5 x 5(x 5) Datenpunkte voreingestellt wird.
- 25 8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der seismische Meßdatensatz statisch und dynamisch korrigiert ist.
- 30 9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der seismische Meßdatensatz zeit- oder tiefenmigriert ist.

1/3

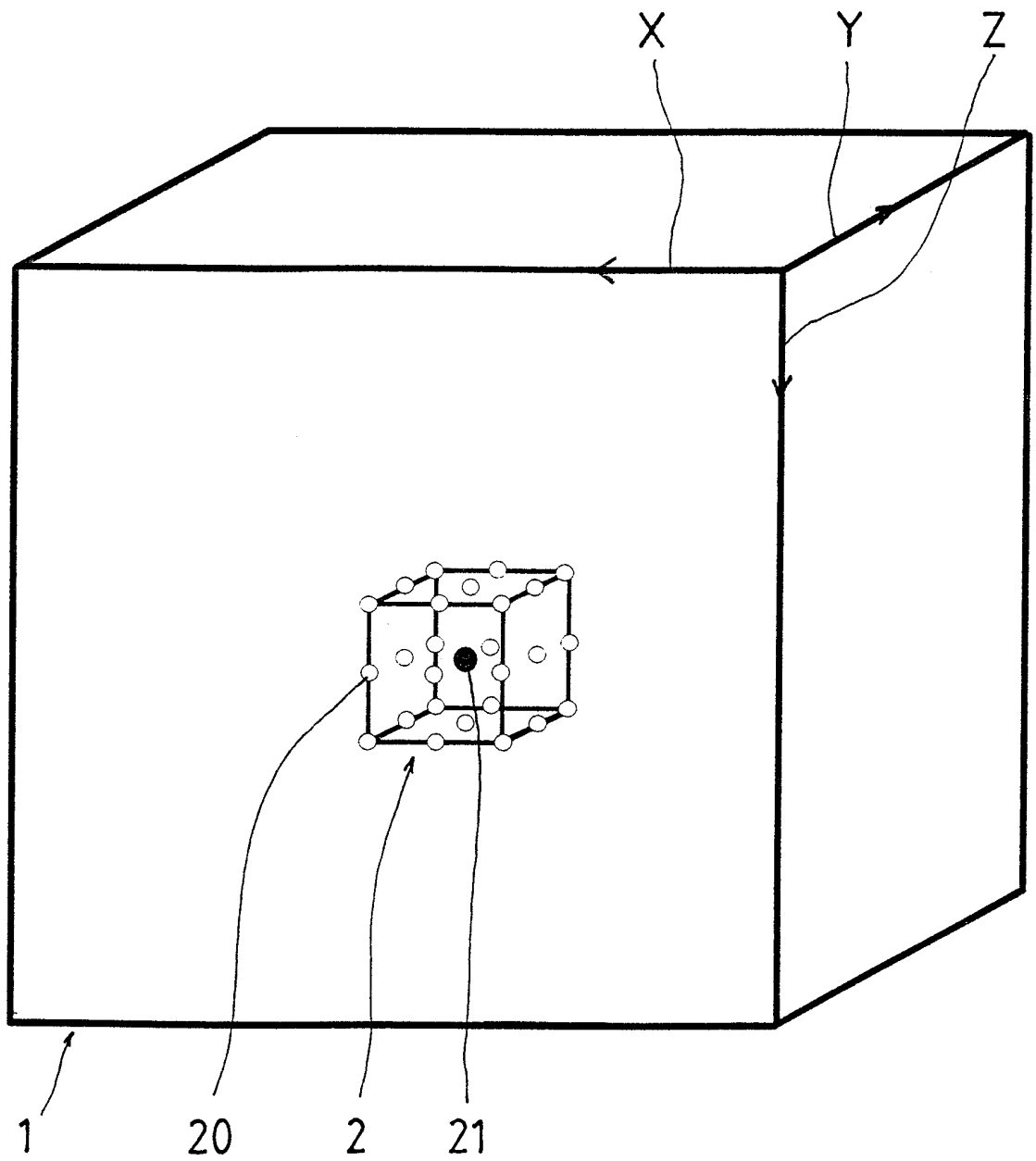


Fig. 1

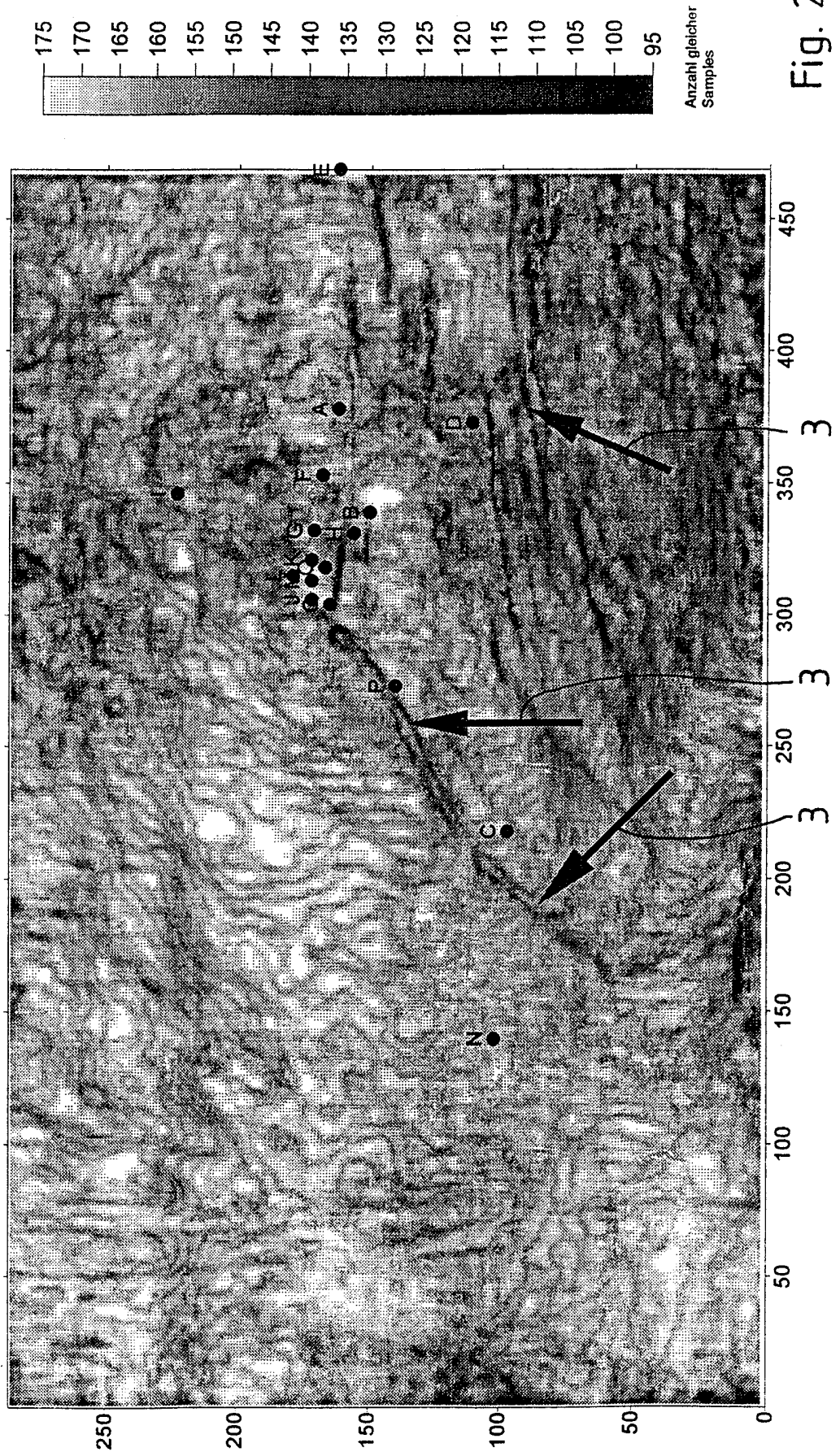


Fig. 2

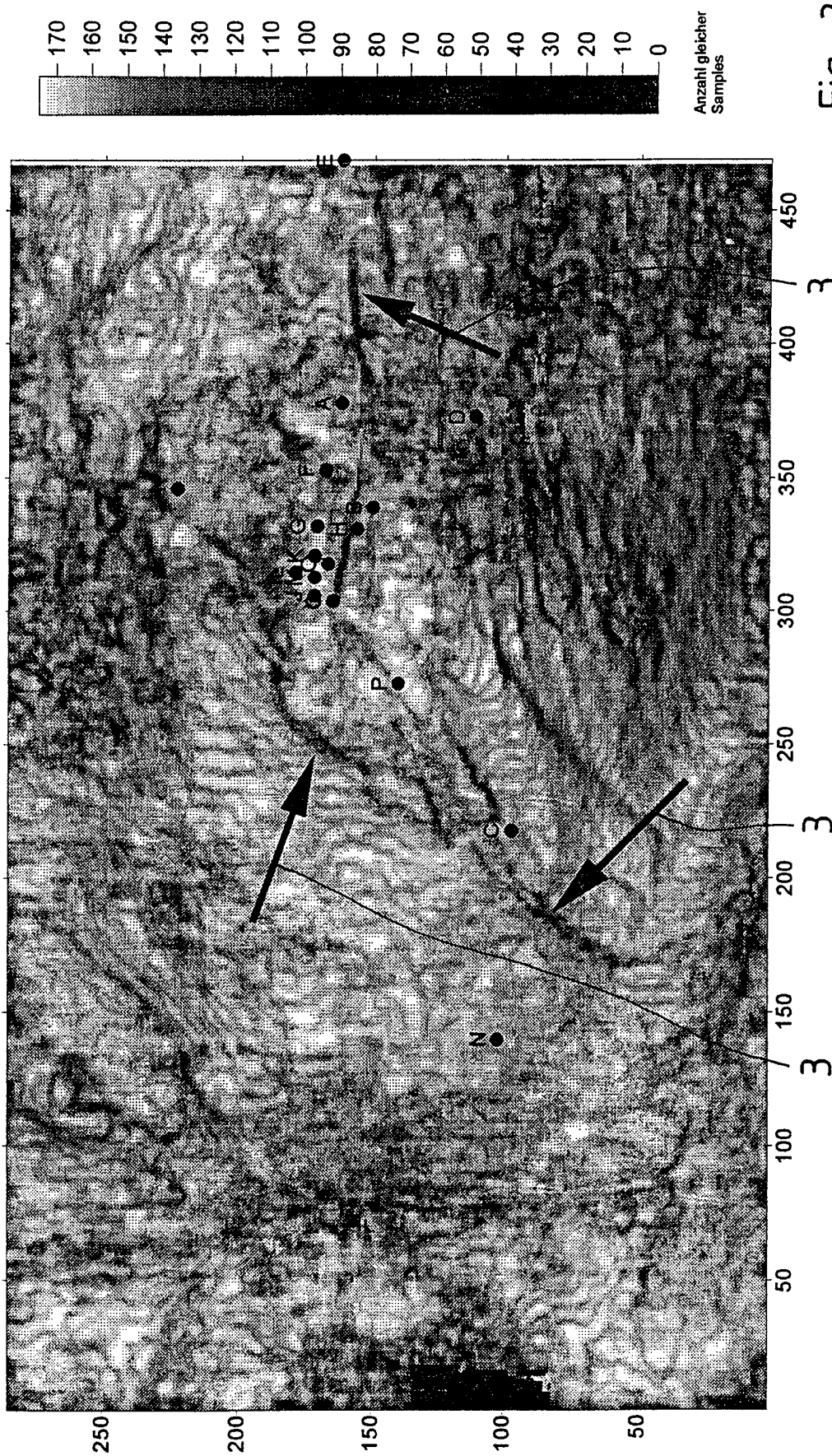


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Jonal Application No

PCT/DE 00/00139

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01V1/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01V

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 1 531 548 A (ERAP) 8 November 1978 (1978-11-08) page 1, line 40-49; claims 1,2 page 2, line 1-50; claims 1,2	1
Y	page 1, line 40 - line 49; claims 1,2 page 2, line 1 - line 50; claims 1,2	2,3,6-9
Y	WO 96 18915 A (AMOCO CORP) 20 June 1996 (1996-06-20) cited in the application page 2, line 20 -page 3, line 15; figures 2,3	2,3,6,7
Y	US 5 157 638 A (LOUMOS GREGORY L ET AL) 20 October 1992 (1992-10-20) column 1, line 1 -column 2, line 54	8,9
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 July 2000

Date of mailing of the international search report

10/07/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schneiderbauer, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. .onal Application No

PCT/DE 00/00139

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 586 082 A (ANDERSON ROGER N ET AL) 17 December 1996 (1996-12-17) column 13, line 23 - line 50; claims 1,6 -----	4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/00139

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 1531548 A	08-11-1978	FR 2315103 A	14-01-1977
		BE 842955 A	01-10-1976
		BR 7603840 A	05-04-1977
		DE 2627144 A	30-12-1976
		NL 7606536 A	20-12-1976
		NO 762045 A	17-12-1976
		OA 5355 A	28-02-1981
		<hr/>	
WO 9618915 A	20-06-1996	US 5563949 A	08-10-1996
		AU 696742 B	17-09-1998
		AU 4133396 A	03-07-1996
		CA 2179901 A, C	20-06-1996
		CN 1138902 A	25-12-1996
		EG 20609 A	30-09-1999
		EP 0736185 A	09-10-1996
		NO 962731 A	11-10-1996
		US 5930730 A	27-07-1999
		US 5838564 A	17-11-1998
		<hr/>	
US 5157638 A	20-10-1992	NONE	
<hr/>			
US 5586082 A	17-12-1996	CA 2211640 A	06-09-1996
		EP 0812429 A	17-12-1997
		NO 974032 A	03-11-1997
		WO 9627141 A	06-09-1996
<hr/>			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/00139

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 G01V1/32

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 G01V

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 1 531 548 A (ERAP) 8. November 1978 (1978-11-08) Seite 1, Zeile 40-49; Ansprüche 1,2 Seite 2, Zeile 1-50; Ansprüche 1,2	1
Y	Seite 1, Zeile 40 - Zeile 49; Ansprüche 1,2 Seite 2, Zeile 1 - Zeile 50; Ansprüche 1,2	2,3,6-9
Y	WO 96 18915 A (AMOCO CORP) 20. Juni 1996 (1996-06-20) in der Anmeldung erwähnt Seite 2, Zeile 20 -Seite 3, Zeile 15; Abbildungen 2,3	2,3,6,7
Y	US 5 157 638 A (LOUMOS GREGORY L ET AL) 20. Oktober 1992 (1992-10-20) Spalte 1, Zeile 1 -Spalte 2, Zeile 54	8,9
	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindnerischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindnerischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

* & * Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. Juli 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/07/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schneiderbauer, K

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/00139

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 586 082 A (ANDERSON ROGER N ET AL) 17. Dezember 1996 (1996-12-17) Spalte 13, Zeile 23 - Zeile 50; Ansprüche 1,6 -----	4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/00139

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 1531548 A	08-11-1978	FR 2315103 A	14-01-1977
		BE 842955 A	01-10-1976
		BR 7603840 A	05-04-1977
		DE 2627144 A	30-12-1976
		NL 7606536 A	20-12-1976
		NO 762045 A	17-12-1976
		OA 5355 A	28-02-1981
WO 9618915 A	20-06-1996	US 5563949 A	08-10-1996
		AU 696742 B	17-09-1998
		AU 4133396 A	03-07-1996
		CA 2179901 A, C	20-06-1996
		CN 1138902 A	25-12-1996
		EG 20609 A	30-09-1999
		EP 0736185 A	09-10-1996
		NO 962731 A	11-10-1996
		US 5930730 A	27-07-1999
		US 5838564 A	17-11-1998
		US 5157638 A	20-10-1992
US 5586082 A	17-12-1996	CA 2211640 A	06-09-1996
		EP 0812429 A	17-12-1997
		NO 974032 A	03-11-1997
		WO 9627141 A	06-09-1996