

PRAKLA-SEISMOS Report

1
79



»SCHWARZES BRETT«

Die rechtsstehend abgedruckten Titel beziehen sich auf Vorträge bzw. Veröffentlichungen unserer Mitarbeiter, die seit der Ausgabe des letzten Reports gehalten wurden bzw. erschienen sind.

Von den mit einem **(P)** markierten Titeln sind u. U. Preprints erhältlich, von den mit einem **(S)** markierten Titeln sind Sonderdrucke vorhanden. Für entsprechende Auskünfte bzw. Bestellungen wenden Sie sich bitte an das Sekretariat unseres Mitarbeiters H. J. Körner, Tel. (0511) 80 72 - 4 02.

The titles on the right refer to lectures and publications from our staff which have been presented or published since the last Report.

As circumstances permit, preprints are available of those titles marked with a **(P)**; of those marked with an **(S)**, copies are "in stock".

For information and orders please apply to the secretary's office H. J. Körner, phone (0511) 80 72 - 4 02.

J. Weber, E. Kreitz

(P) Special Problems in Qatar Seismic Data Processing

Third Technical Symposium, Doha/Qatar, 1979, 32 S.

In eigener Sache

Die Unterlagen für die an dieser Stelle veröffentlichten **wissenschaftlichen Arbeiten unserer Mitarbeiter**, von denen unsere Leser auf Anforderung entweder Sonderdrucke oder Textkopien erhalten können, wurden der Redaktion bisher durch unsere Bibliothek zugesandt. Inzwischen hat sich aber herausgestellt, daß die Bibliothek manchmal nur unvollkommen informiert wird, so daß an dieser Stelle z. T. unrichtige Angaben gemacht werden oder sogar Hinweise auf Arbeiten unserer Mitarbeiter ganz unterbleiben. Um Unregelmäßigkeiten dieser Art in Zukunft vermeiden zu können, bitten wir unsere Mitarbeiter, die wissenschaftliche Arbeiten (Vorträge auf Tagungen, Veröffentlichungen in Zeitschriften usw.) veröffentlichten, eine entsprechende Mitteilung **nicht nur an die Bibliothek, sondern auch direkt an die Redaktion des Report** zu geben, wobei wir Sie auch um folgende Angaben bitten:

1. Name des Autors (der Autoren)
2. Angabe (P) = nur Textkopien oder (S) = Sonderdrucke vorhanden
3. Ort der Veröffentlichung (welche Tagung und wo?)
4. Jahr der Veröffentlichung
5. Umfang (Seitenzahl)

Die Redaktion

Inhalt	Seite
Der neue Vibrator VVDA	3
Unsere Erde als Wärmeenergiequelle	6
Spezielle seismische Untersuchungen im Bereich der Wärmeanomalie Urach	9
PILOT, ein kompaktes Satellitennavigationsgerät	14
SEG 1978	16
SEG '78, Schwerpunkte der seismischen Datenverarbeitung	20
Verschiedenes	26
47° Celsius in der Sonne!	28
Index 1978	31

Titelseite: Messung Wärmeanomalie Urach, Registrierwagen mit 48spuriger Sercel-Apparatur mit besonders hoher Antenne wegen der großen Registrierentfernungen
Foto: J. Schmoll

Rückseite: SEG 1978 in San Francisco. Unser VVCA-Vibrator beim Transport vor dem Rathaus
Foto: H. J. Körner

Herausgeber: PRAKLA-SEISMOS GMBH, Haarstraße 5, 3000 Hannover 1
Schriftleitung und Zusammenstellung: Dr. R. Köhler
An der Vogelweide 4, 3000 Hannover 91
G. Keppner
Haarstr. 5, 3000 Hannover
Graphische Gestaltung: K. Reichert
Satz und Druck: Druckerei Caspaul, Hannover
Lithos: Claus-Reprotechnik, Burgwedel
Nachdruck nur mit Quellenangabe gestattet, um Belegexemplar wird gebeten

Der neue Vibrator VVDA



VVDA-Vierergruppe im Wintereinsatz
Four VVDA-Vibrators in winter-operation

Herbert Talke

Seit nunmehr 15 Jahren werden bei PRAKLA-SEISMOS Vibratoren hergestellt, erst in eigener Regie, seit 1974 dann bei ihrer 100%-Tochter Geomechanik in Uetze.

Schon der erste Wurf, der legendäre VVBB-Vibrator, wurde zum „Renner“ und gehörte bald zur Straßenszenerie der europäischen Ölregionen. Der Volksmund erfand eine ganze Reihe ebenso amüsanter wie plastischer Namen für die Monstren: „Klopfplaster“, „Zitterwumme“ oder „Rüttelwagen“. Und auch die Journalisten erfanden nach Kräften mit, auf etwas höherem Level, versteht sich: In ihren Artikeln wurden die Vibratoren zu „Gasspürgeräten“ oder „Öldetektoren“ oder gar zu beidem.

Daß unsere Konstruktionsrezepte gut und richtig waren und die laufenden Anpassungen und Verbesserungen darüberhinaus sehr wirksam, beweist die Tatsache, daß erst nach 15 Einsatzjahren der erste Vibrator der VVBB-Serie außer Dienst gestellt wurde. Auch heute noch erfüllt der Typ alle wesentlichen Voraussetzungen eines modernen Vibrators.

In der Zwischenzeit waren unsere Konstrukteure aber nicht untätig geblieben. Es galt, die in den Feldbetrieben gesammelten Erfahrungen sowie die letzten technischen Errungenschaften in eine Neukonstruktion einzubringen, die auch in den achtziger Jahren noch zum Modernsten gehören soll, was der Markt bereithält.

Aus allen Mitarbeitern, die in irgendeiner Form mit Vibroseismik zu tun haben, formierte sich ein Arbeitsausschuß, wobei auf die Repräsentanz von Mitarbeitern aus den Feldbetrieben besonderer Wert gelegt wurde. Nach Festlegung der Grundkonzeption konnten die Detailkonstruktionen in Angriff genommen werden. Der Ausschuß wurde laufend über den Fortgang der Arbeiten und die dabei gefundenen Lösungen unterrichtet. Anregungen, woher immer sie auch kamen, wurden

The New VVDA-Vibrator

PRAKLA-SEISMOS has now been building vibrators for 15 years. At first these were built under the management of PRAKLA-SEISMOS, until in 1974, the task was taken over by our hundred-percent subsidiary PRAKLA-SEISMOS Geomechanik in Uetze.

Already the first of our vibrators, the legendary VVBB was an immediate success and quickly became a common sight on the roads of the European oil regions. As is usual, this success was of course accompanied by the invention of various nicknames like "Klopf-Laster" (knocking truck), "Zitterwumme" (trembling monster) or "Rüttelwagen" (shaking car) the translations of which are not so easy, as you can see. Even journalists, showing their usual high level of inventiveness, christened the vibrators as "gas-tracing equipment" or "oil detectors".

The proof of our judgement and skill in the development, construction and the effectiveness of the continuous adaptations and improvements is the fact, that after only 15 years the first vibrator of this type was taken out of service. Even today, the VVBB still fulfills the essential requirements of a modern vibrator.

In the meantime, our technicians had not rested on their laurels. Working experience, collected in the field, was combined with the latest technical innovations as a basis for our new concept, the construction of a vibrator which even in the 1980's could hold its own with the most modern equipment available on the open market.

A working committee was founded from colleagues with experience in the differing fields of vibroseis technology, stressing the importance of experience gained in the field. After establishing the basic concept, work

dankbar akzeptiert. Dann stand er schließlich auf dem Hof: der neue **Vibrator VVDA**, der im Gegensatz zum „All-Terrain“-Vibrator VVCA als „Straßenvibrator“ einzustufen ist, obgleich ihm ein mittelschweres Gelände nicht die geringsten Schwierigkeiten bereitet.

Eineinhalb Jahre Probezeit schlossen sich an, das Schicksal aller Prototypen. Klar, daß wir ihm dabei nichts schenken an Härten oder Tücken. Erst nach bestandener Prüfung erfolgte das Startsignal für den Bau der ersten Serie.

Nun kam es darauf an, die neuen Vibratoren unter Feldbedingungen ausreichend und vorurteilsfrei zu testen. Die Ölprovinz Molasse bot sich dazu an, härtere winterliche Bedingungen versprechend als der (damals noch) schneeärmere Norden. Erfahrungen wurden gesammelt, Änderungen und Verbesserungen angebracht, Kinderkrankheiten ausgemerzt. Und unter den Augen der kritischen Firmen-Mutter PRAKLA-SEISMOS reifte der neue Vibratortyp zu einer betriebstüchtigen, geländegängigen Einheit heran. Seit Oktober 1977 steht die erste Gruppe im Routineeinsatz.

Die wesentlichen Merkmale des neuen VVDA-Vibrators, besonders im Gegensatz zum älteren VVBB-Vibrator gesehen, seien hier kurz zusammengestellt:

- Nur **eine** Antriebsmaschine für Fahrzeug und Vibratorhydraulik, einschließlich Liftsystem

was started on the detailed realization of the project. The committee was kept continuously informed of the progress and the solutions achieved.

Suggestions, from wherever they came, were gratefully accepted. And finally, there it was: the new vibrator VVDA which, although described as a road vibrator in contrast to the all-terrain vibrator VVCA, does not have great difficulties with operations in fairly rough country.

One and a half years of testing followed, the fate of all prototypes. During this period it was not handled with kid gloves. Only after this test had been passed could the production of the first series be started.

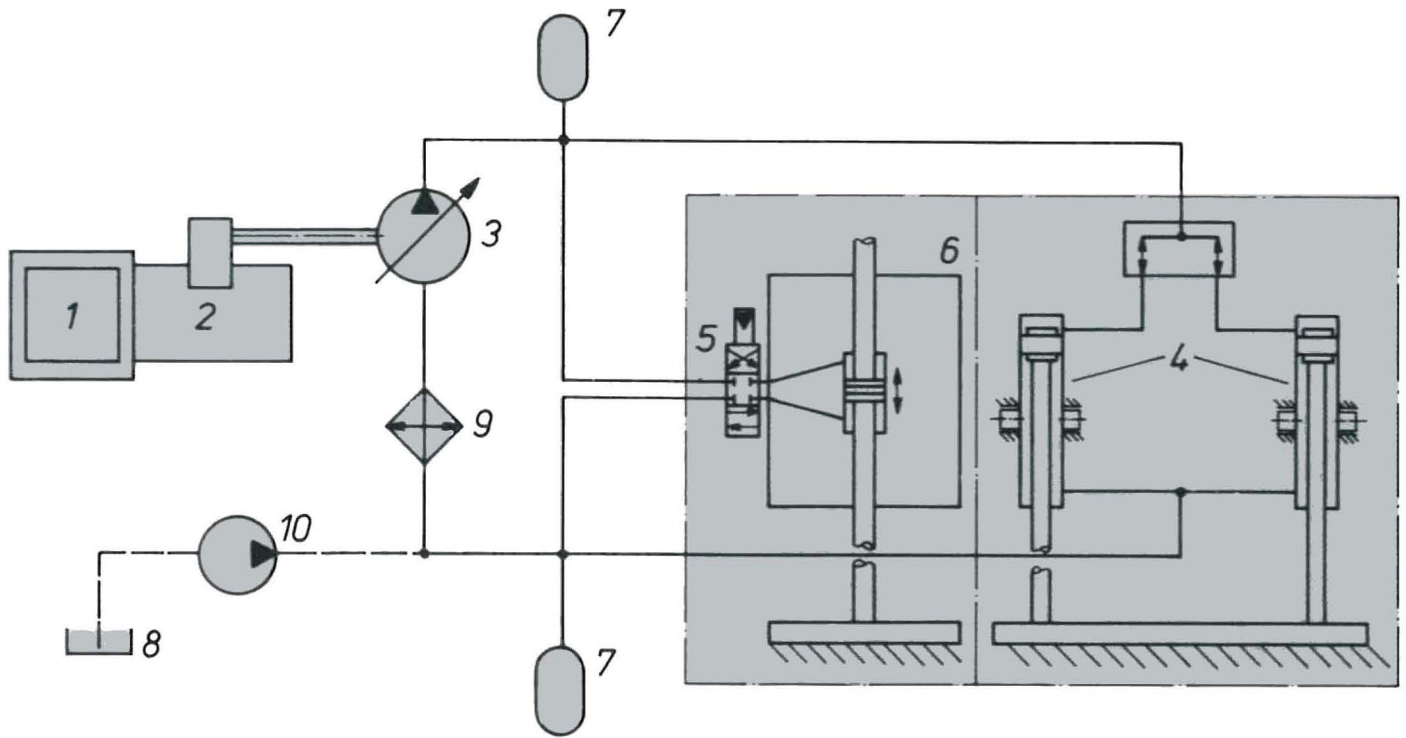
The new vibrators were then tested in the field to obtain an unbiased and comprehensive idea of their operational acceptability. For this purpose, the "Molasse" oil province offered the best possibilities because of its hard wintry weather conditions compared to the then snow-free north. Experience was gathered, alterations and improvements were carried out, and teething troubles sorted out. At last, with the critical approval of the parent company's management, the vibrator matured into an efficient off-road unit. The first group of this type has been in routine operation since October 1977.

The important features of the VVDA-vibrator especially in comparison to the older VVBB-type are as follows:

VVDA in Arbeitsposition
VVDA in working position

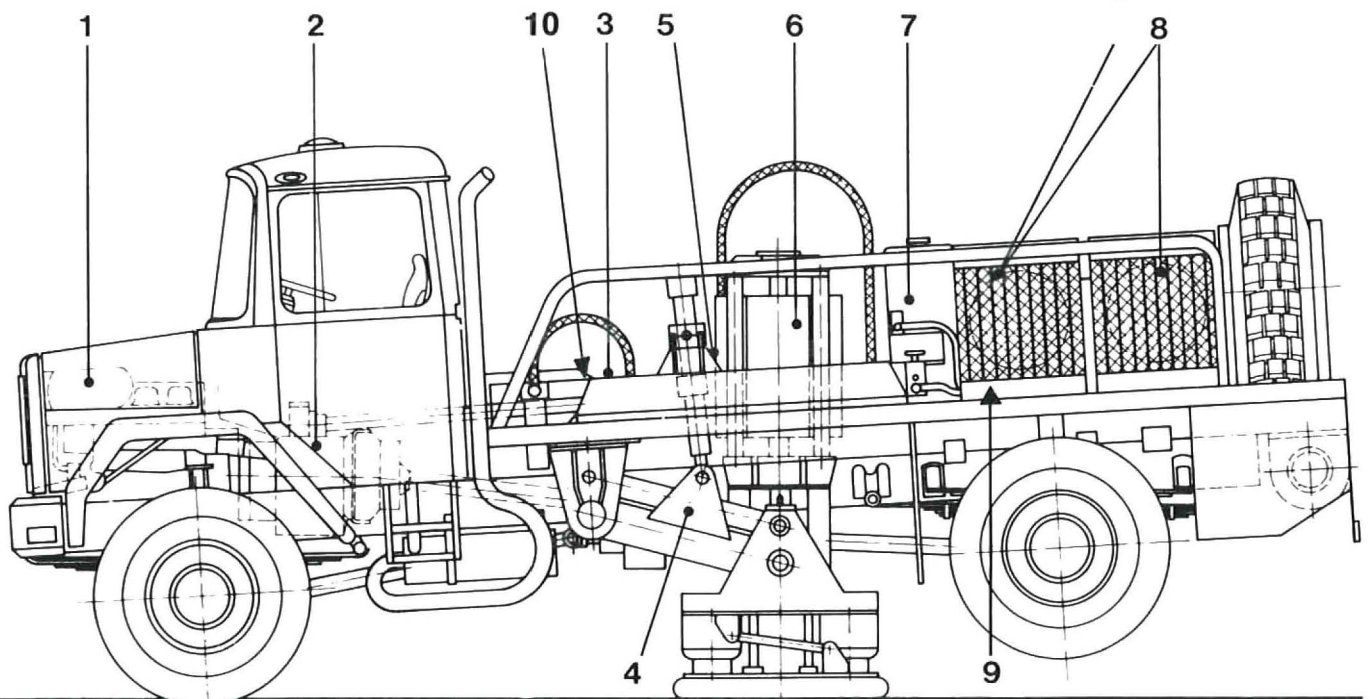
VVDA Konstruktionszeichnung
VVDA working drawing





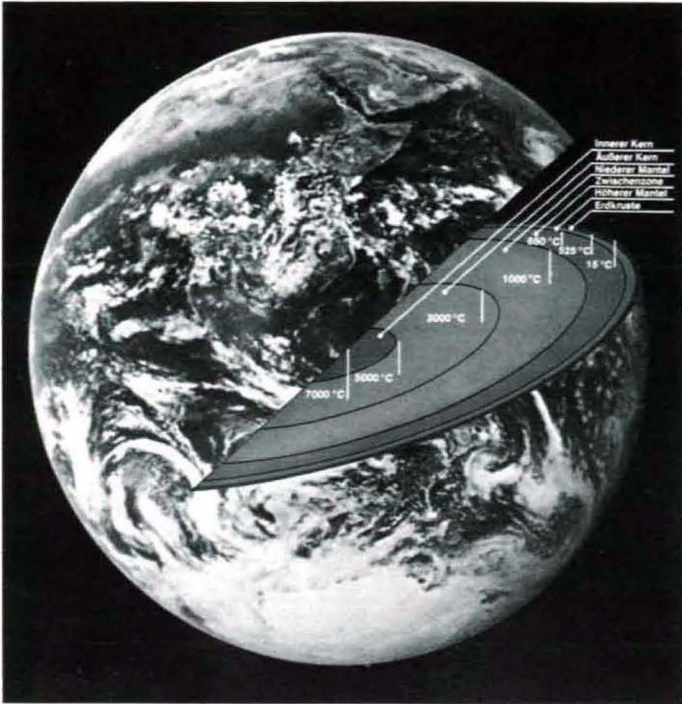
Hydraulik-Schalt-schema
Hydraulic flow chart

Seitenansicht
Side view



- 1 Verbrennungsmotor
- 2 Nebenabtrieb
- 3 Axialkolbenpumpe (Vibratoreinheit)
- 4 Liftsystem
- 5 Vibratorsteuerung
- 6 Vibrator
- 7 Hydrospeicher
- 8 Ölbehälter (Hauptölkreislauf)
- 9 Öl-Luft-Kühlanlage
- 10 Vorspannpumpe

- 1 Internal combustion engine
- 2 Adapting gear
- 3 Axial-flow pump (vibrator unit)
- 4 Lift system
- 5 Vibrator control unit
- 6 Vibrator
- 7 Hydraulic accumulators
- 8 Oil tank (main oil circuit)
- 9 Oil/air cooler
- 10 Pre charge pump



tät Kiel, der lange Jahre als Truppleiter unserer Gesellschaft praktische Erfahrungen in der angewandten Seismik sammeln konnte.

Das wesentlich Neue bei dieser Untersuchung war der Gedanke von Th. Krey, **durch sehr lange Geophonauslagen eine möglichst große Genauigkeit bei der Bestimmung der seismischen Geschwindigkeiten** aus den hierbei erzielten großen Moveout-Zeiten im **Bereich der Kruste** und ihrer Basis zu erreichen. Im Hintergrund stand dabei der Gedanke, eine eventuell gemessene Geschwindigkeitsanomalie mit der Wärmeanomalie räumlich in Beziehung zu setzen.

Der folgende Beitrag von Prof. Dr. Th. Krey, K.-S. Bartholdy und J. Schmoll beleuchtet vor allem den großen technischen und organisatorischen Aufwand, der bei diesen außergewöhnlichen Messungen erforderlich war.

Zunächst einige grundsätzliche Bemerkungen über die **Wärme aus der Tiefe**. Wir stützen uns hierbei zum Teil auf einen Aufsatz in der „PREUSSAG Zeitschrift für Aktionäre und Freunde der Gesellschaft“ Nr. 64/1978.

Jedermann weiß, daß es in einem tiefen Bergwerk sehr viel wärmer ist als an der Erdoberfläche. Der „geothermische Gradient“, die Zunahme der Temperatur mit der Tiefe, beträgt normalerweise etwa 30 Grad Celsius pro Kilometer. In einer Tiefbohrung von 3000 m Tiefe herrscht also eine Temperatur von etwa 100 Grad. Diese Wärme stammt zu knapp einem Drittel aus der glutflüssigen Vergangenheit unseres Planeten, zu siebzig Prozent aus dem radioaktiven Zerfall von Uran-, Thorium- und Kaliumatomkernen, die in allen irdischen Gesteinen vorkommen.

Der geothermische Gradient ist nicht überall gleich. Es gibt auf der Erde Gebiete, wo er von der Norm mehr oder weniger stark abweicht und zu sogenannten Wärmeanomalien führt, die heute auch als „thermische Lagerstätten“ bezeichnet werden, soweit es sich um „**positive**“ **Anomalien** handelt, die ein vom Normalfall abweichendes **höheres Wärmepotential** anzeigen. Diese Lagerstätten sind um so interessanter, je geringer die Tiefe ist, in der die überhöhten Temperaturen auftreten.

What was very new with this survey was the conception from Th. Krey: **by means of very long geophone spreads, a large as possible accuracy should be achieved in the determination of the seismic velocities** from the recorded large moveout times in the region of the crust and its base. In the background therewith was the conception that a possible measured velocity anomaly is in general terms related to the thermal anomaly.

The following contribution from Prof. Dr. Th. Krey, K.-S. Bartholdy and J. Schmoll illustrates above all the large technical and organisational effort which was necessary for this unusual survey.

At first a few basic comments about **heat from the depth**. We rely for this on an article in the "PREUSSAG Zeitschrift für Aktionäre und Freunde der Gesellschaft", No. 64/1978.

Everybody knows that it is a lot warmer in a deep mine than it is at the earth's surface. The "geothermal gradient", the increase of temperature with depth, normally has a value of 30 centigrades per kilometer. Therefore, in a deep borehole with a depth of 3000 m a temperature of approximately 100 centigrades Celsius prevails. Almost a third of this heat comes from our earth's red hot past while 70% is caused by the radioactive decay of uranium, thorium and calcium atomic nuclei, which are present in all terrestrial rocks.

The geothermal gradient is not the same everywhere. There are places on the earth where it deviates to a greater or lesser degree from the normal and this leads to so called thermal anomalies, which are today also designated as "thermal deposits" as long as they are "**positive**" **anomalies**, which show a **higher than normal thermal potential**. These deposits are the more interesting the shallower the depth at which the increased temperatures occur.

If zones of large thermal accumulations come into contact with ground water or they are flowed through by circulating waters, this can lead to usable hot water or even steam. In some places on earth, flats are heated with this or electricity plants are powered. The total amount of electrical power produced from thermal heat in Iceland, Italy, Mexico and on several Pacific Islands, etc., is equivalent to an output of about 1350 Megawatts, that is not more as produces one single atomic power station. That is, world wide seen, not a lot and reminds us again that at least for the near future, during which the non-nuclear energy sources are still in the starting stage of their development, it is not possible to do without atomic power stations.

The largest problem with the using of the thermal anomalies as energy source ist, that, so far, it has not been possible to transport the heat from large depths, e. g. 5000 m, to the surface. Apart from this, the heat is mostly "trapped" in the barely porous or badly permeable rocks and it is practically impossible, or only with great difficulties possible, to reach them. How large this "dry" quantity of heat is, which is potentially available, but yet has remained unusable, is calculated from the fact that the cooling of a rock body of one cubic kilometre volume by only one centigrade is equal to the quantity of heat which is contained in 85 000 t of stone coal.

The US Research Institute of Los Alamos sunk two 3000 m deep boreholes in hot granite in the Jemez

Treten Zonen größeren Wärmestaus in Kontakt zum Grundwasser oder werden sie von zirkulierenden Wässern durchflossen, kann dies zur Bildung von nutzbarem Heißwasser ja sogar Dampf führen. In manchen Gegenden der Erde werden damit Wohnungen beheizt oder auch Elektrizitätswerke betrieben. Die Gesamtmenge des durch Erdwärme erzeugten Stromes in Island, Italien, Mexiko und auf verschiedenen Pazifikinseln usw. entspricht einer Leistung von rund 1350 Megawatt, also nicht mehr, als ein einziges Kernkraftwerk erzeugt. Das ist, weltweit gesehen, recht wenig und erinnert uns wiederum daran, daß, zumindest für die nähere Zukunft, während der „nicht-nukleare Energiequellen“ noch im Anfangsstadium ihrer Entwicklung stehen, auf Kernkraftwerke nicht verzichtet werden kann.

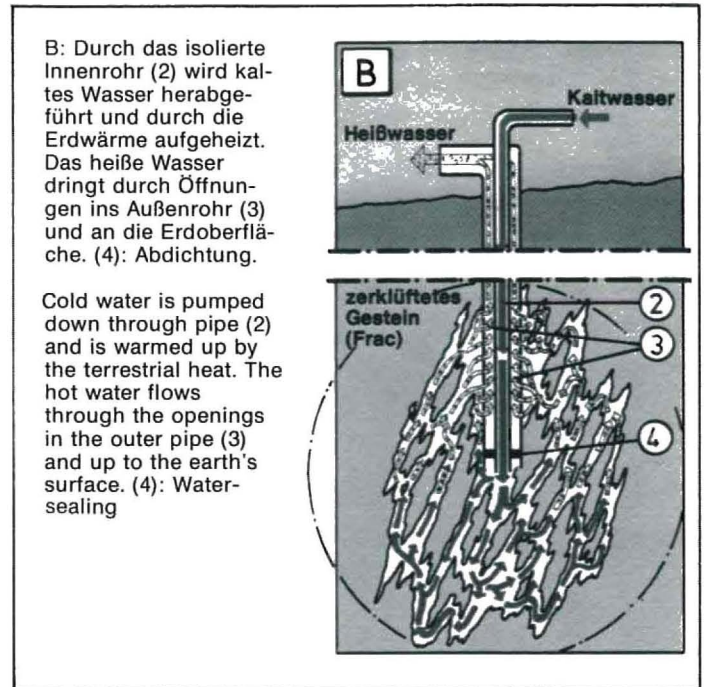
Das größte Problem bei der Nutzung der Erdwärme als Energiequelle liegt darin, daß es bisher nicht gelungen ist, die Wärme aus größeren Tiefen, z. B. aus 5000 Meter, an die Erdoberfläche zu transportieren. Außerdem ist die Wärme in den meist nur wenig porösen und schlecht durchlässigen Gesteinen „gefangen“, und man kommt noch kaum oder nur unter Schwierigkeiten an sie heran. Wie groß aber diese „trockene“ Wärmemenge ist, die hier potentiell vorhanden, aber bisher ungenutzt bleiben muß, ergibt sich daraus, daß die Abkühlung eines Gesteinskörpers von einem Kubikkilometer Rauminhalt um nur **ein** Grad der Wärmemenge entspricht, die in 85 000 Tonnen Steinkohle enthalten ist.

Zur Gewinnung von „trockener“ Wärme brachte das US-Forschungsinstitut von Los Alamos in den Jemez-Bergen Neu Mexikos zwei 3000 Meter tiefe Bohrungen in heißen Granit nieder. In eine davon wurde vier Tage lang kaltes Wasser unter hohem Druck eingepumpt, aus der anderen – 75 Meter davon entfernten – konnte 20 Stunden nach Beginn dieses Experimentes 150 Grad heißes Wasser mit einer thermischen Leistung von etwa fünf Megawatt entnommen werden.

Damit Wasser zwischen zwei Bohrlöchern zirkulieren kann, müssen im Gestein Risse erzeugt werden. Das kann durch das sogenannte „Hydrofrac-Verfahren“, das heißt durch hydraulisches Aufbrechen des Gesteins, bewerkstelligt werden. Dieses Verfahren wird bekanntlich bereits seit längerer Zeit in der Erdöl- und Erdgas-Gewinnung zur Produktionssteigerung angewandt.

Die Gewinnung trockener Erdwärme ist also bislang durch die hohen Kosten des Niederbringens von zwei Bohrungen belastet. Die PREUSSAG hat nun, um die Bohrkosten zu senken, ein System konzipiert, bei dem nur eine Tiefbohrung nötig ist. Demzufolge wird kaltes Wasser in einem wärmeisolierten inneren Rohr in die Tiefe gepreßt und nach seiner Aufheizung in einem zweiten, perforierten Rohr, das die innere Sonde koaxial umgibt, wieder nach oben gefördert (siehe Skizze). Ob der gegenüber zwei benachbarten Bohrungen verminderte Durchströmungsbereich genügen wird, um wirtschaftliche Ergebnisse zu erzielen, muß die Zukunft lehren.

Das Problem, Erdwärme in größerem Umfang wirtschaftlich zu nutzen, ist noch mit vielen Fragezeichen versehen. Industrie und Wissenschaft werden hoffentlich auch bei uns dazu beitragen, der Lösung dieses Problems in nicht zu ferner Zukunft näherzukommen.



Mountains, New Mexico, in order to extract "dry" heat. Into one of these boreholes was pumped cold water under high pressure, and from the other borehole, 75 m distant, it was possible, 20 hours after the start of the experiment, to take out 150 centigrades hot water with a thermal output of about 5 Megawatts.

So that water can circulate between the boreholes the rock has to be fractured. This can be achieved by the so called "hydrofrac process", that is through hydraulic breaking up of the rock. This process, as is well known, has been used for a long time in gas and oil production to increase the output.

The extraction of dry heat from the earth has, therefore, to date, been loaded with the high cost of having to sink **two** boreholes. PREUSSAG Co. has now, in order to reduce drilling costs, conceived a system with which only **one** deep borehole is necessary. Accordingly, cold water is pumped through a thermally insulated pipe into the depth, and after it has been heated up it is returned to the surface in a second perforated pipe, that co-axial surrounds the inner pipe (see sketch). Whether the reduced seepage area, as compared to that of two neighbouring boreholes, will be sufficient to provide economically viable results, only time can tell.

The problem of how to economically use terrestrial heat on a large scale is still furnished with many question marks. Industry and science will hopefully aid us to come nearer to the solution of this problem in the near future.

Spezielle seismische Untersuchungen im Bereich der Wärmeanomalie Urach



Prof. Dr. Th. Krey, K.-St. Bartholdy, J. Schmoll

Im Juli/August 1978 wurde von PRAKLA-SEISMOS GMBH in Zusammenarbeit mit den geophysikalischen Instituten der Universitäten Kiel, Karlsruhe, Frankfurt, Hamburg, Stuttgart, Bochum und dem Geologischen Landesamt Krefeld ein spezielles reflexionsseismisches Meßprogramm durchgeführt (Abb. 1), das nach technischem Aufwand und seiner Zielsetzung wohl einmalig ist. Nach der „roll-along“-Technik wurde die Vermessung mit 144 Spuren und einer achtfachen Überdeckung des Untergrundes vorgenommen, bei der die maximale Schuß-Geophon-Entfernung routinemäßig mehr als 23 km betrug. Darüber hinaus waren für refraktions- und reflexionsseismische Erkundungen zahlreiche Apparaturen der Hochschulinstitute in Entfernungen bis zu 80 km eingesetzt. Die Vermessung erfolgte im Rahmen eines Geothermik-Projektes, das von der Europäischen Gemeinschaft sowie vom Bundesministerium für Forschung und Technologie getragen wird.

Seit der Energiekrise im Jahre 1973/74 wird weltweit verstärkt nach neuen zusätzlichen Energiequellen geforscht, die unsere „klassischen“ Energieträger Erdöl, Erdgas und Kohle in nicht zu ferner Zukunft ergänzen sollen. Unter anderem bietet sich die Nutzbarmachung der natürlichen Erdwärme an. Ein Blick auf die Karte der Erdwärme-Verteilung in der Bundesrepublik Deutschland (Abb. 2) läßt Zonen mit erhöhter Temperatur erkennen.

Eine dieser Zonen, die Wärmeanomalie von Urach, liegt südlich von Stuttgart auf der Schwäbischen Alb. Dieses vulkanische Gebiet, in dem das Thermalbad Urach liegt, ist seit Jahren Gegenstand geologischer und geophysikalischer Untersuchungen. Hier wurde in jüngster Zeit die Forschungsbohrung Urach 3 bis auf 3334 m Tiefe niedergebracht und dabei 1730 m des kristallinen Grundgebirges durchteuft. Urach 3 ist die tiefste europäische Bohrung dieser Art, in der laufend Messungen und Versuche zum Studium der Nutzbarmachung der Wärmeenergie durchgeführt werden.

Wissenschaftliches Ziel der Vermessung war, neben der Erkundung der geologischen Lagerung, auch den Geschwindigkeitsaufbau der Kruste bis zur Mohorovicic-Diskontinuität mit Hilfe von reflexionsseismischen

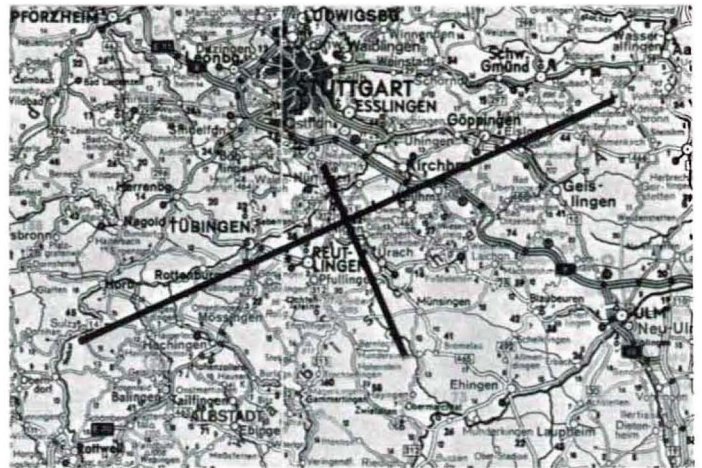
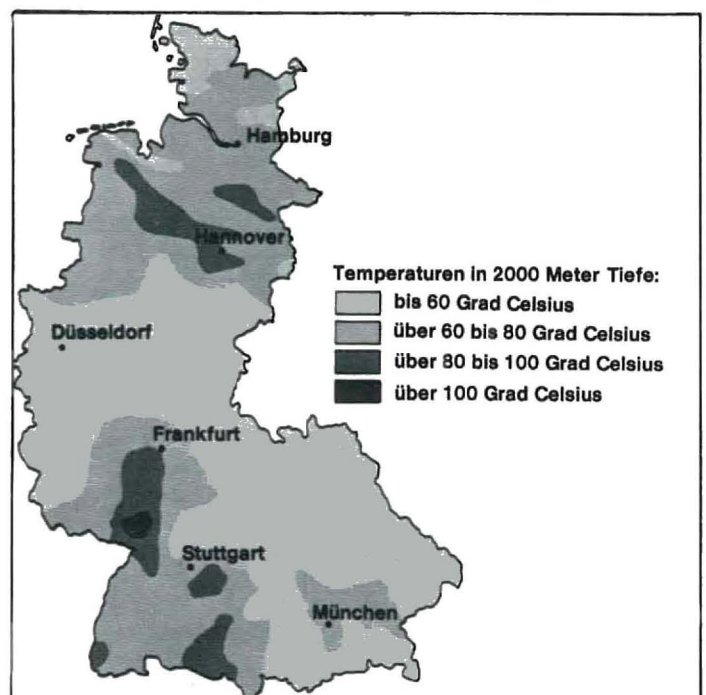


Abb. 1
Lage der vermessenen Profile
Position of surveyed lines

Special Seismic Surveys in the Region of the Urach Thermal Anomaly

In July and August 1978, PRAKLA-SEISMOS GMBH in collaboration with the geophysical institutes of the universities of Kiel, Karlsruhe, Frankfurt, Hamburg, and Stuttgart, and the "Ruhr University", Bochum, as well as the "Geologisches Landesamt Krefeld", carried out a special seismic reflection survey, which, due to the technical effort required and its objectives, was virtually unique (Fig. 1). According to the roll-along technique the survey was carried out with 144 traces and an 8-fold underground coverage, in which the maximum shot-geophone distances were routinely over 23 km. In addition to this, a large number of seismic systems contributed by the university institutes were used for distances up to 80 km for refraction and reflection surveys. The survey was made within the scope of a geothermic project, which is financed by the E. E. C. and the "Bundesministerium für Forschung und Technologie" (Ministry for Research and Technology).

Abb. 2
Bundesrepublik Deutschland,
Temperaturverteilung in 2000 m Tiefe
Federal Republic of Germany,
Distribution of temperature in 2000 m depth



und refraktionsseismischen Messungen zu klären, um daraus Rückschlüsse auf die Temperaturgliederung zu ziehen.

Sowohl aufgrund von Refraktions- und Tauchwellen als auch durch reflexionsseismische Messungen sollten Informationen über die Geschwindigkeitsschichtung in der Kruste erhalten werden. Da bei Refraktions- und Tauchwellen die Schichten der Kruste mit nahezu horizontalem Strahlengang durchlaufen werden – im Gegensatz zu einem mehr vertikalen Strahlengang bei Reflexionsmessungen – ist damit zu rechnen, daß auch Aussagen über Anisotropie in der Kruste gemacht werden können. Für die Auswertung der Tauch- und Refraktionswellen sollen hauptsächlich die von den Mars-Apparaturen der Hochschulinstitute erhaltenen Ergebnisse benutzt werden, aber auch die Reflexionsseismogramme können ganz wesentlich mit zu diesem Zweck herangezogen werden. Um die aus der Reflexionsseismik abzuleitenden seismischen Geschwindigkeiten genau genug zu erhalten, war es nötig, zu sehr großen Schuß-Geophon-Entfernungen überzugehen, ohne dabei den Steilwinkelbereich (Reflexionswinkel bis etwa 35 Grad) zu verlassen. Der Weitwinkelbereich war mit einem Teil der Hochschul-Apparaturen abgedeckt, die in Entfernungen von 60 bis 80 km laufend wanderten. Es sei vorweggenommen, daß sie, außer Refraktionseinsätzen, gute überkritisch reflektierte Einsätze aus der Unterkruste mit starken Amplituden registrierten.

Um das angestrebte Meßziel des Forschungsprojektes überhaupt erreichen zu können, wurden bei der technischen Durchführung des Meßprogramms neue und zum Teil ungewöhnliche Wege beschritten. Einige während des Planungsstadiums durchgeführte Überschlagrechnungen hatten ergeben, daß für den Steilwinkelbereich Move-out-Zeiten von ca. 0,5 bis 1 s anzustreben waren, die nur mit Aufstellungsweiten größer als 20 km zu erreichen waren. Bei diesen großen Geophonauslagen wurden zweckmäßigerweise drei 48spurige Sercel-Apparaturen gleichzeitig eingesetzt, und es wurde mit einem Geophongruppen-Abstand von 160 m und einem geringen in-line offset von 320 m gearbeitet. Der bei einem Schuß registrierte Geophonaufbau war also normalerweise länger als 23 km; weitere 48 Geophongruppen (ca. 7,7 km) waren im voraus aufgebaut worden bzw. mußten während der Messung umgebaut werden. Hinzu kamen zwei digitale 12- und 24spurige Reflexionsapparaturen der Hochschulinstitute, die aber mit geringerem Spurabstand meist im Weitwinkelbereich eingesetzt waren. Der Überdeckungsgrad bei der angewandten CDP-Methode war 8fach. Die Geophongruppen waren jeweils mit 24 Geophonen besetzt und etwa 100 m lang. Diese Aufstellungsgeometrie war ein durchaus vernünftiger Kompromiß zwischen dem gesteckten Aufschlußziel, den vorhandenen Geldmitteln und der vorgesehenen Meßzeit von 10 bis 11 Tagen.

Der Geophonaufbau und -umbau erforderte natürlich eine straffe Organisation und brachte anfangs einige Schwierigkeiten, mußten doch nach jedem Schuß wieder neue Geophonstationen im Gelände zum Anschluß an eine Registrierapparatur bereit stehen. Das brachte es mit sich, daß beim Geophonumbau Kabel und Geophone über mehr als 30 km Luftlinie transportiert werden mußten. Es war also dafür zu sorgen, daß die Transportkolonne (sowie natürlich auch Apparaturen, Bohrgeräte usw.) die entsprechenden Positionen im

Since the energy crisis in 1973/74 the search for new, additional energy sources, which should supplement our "traditional" energy supplies of oil, gas and coal in the not too distant future, has been increased worldwide. Amongst other possibilities the exploitation of the natural heat of the earth is under discussion. From the map showing thermal distribution in West-Germany it is possible to see zones with higher than average temperature (Fig. 2).

One of these zones, the Urach Thermal Anomaly, lies south of Stuttgart in the "Schwäbische Alb". This volcanic area, in which the thermal spa town of Urach is situated, has been an area for geological and geophysical surveys for many years. Recently, the exploration borehole Urach 3 was sunk here to a depth of 3334 m and passed through 1730 m of the crystalline basement. Urach 3 is the deepest borehole in Europe of this type in which surveys and experiments for studying the exploitation of thermal energy are continuously being carried out.

The scientific aim of the survey was to clarify both the geological structure and the velocity distribution of the crust down to the Mohorovicic Discontinuity with the aid of seismic reflection and refraction surveys, in order to draw conclusions on the temperature distribution.

Information about the velocity distribution in the crust should be obtained by studying the refracted and diving waves as well as from the seismic reflection surveys. As with the refracted and diving waves the ray paths through the layers of the crust are almost horizontal – as opposed to a more vertical path with the reflection surveys – it is also possible that conclusions can be made about the anisotropy in the crust. For the interpretation of the diving and refracted waves the results from the institutes' "Mars systems" shall mainly be used, but it will be also well worth referring to the reflection seismograms. In order to obtain the velocities calculated from the reflection seismic survey with great enough accuracy it was necessary to use very large shot-geophone distances without leaving the steep-angle zone (reflection angles up to about 35 degrees). The wide angle zone was covered by some of the university systems which were constantly located at distances of between 60 to 80 km. After some preliminary studies we can already say, that in addition to the refraction arrivals good high amplitude and overcritically reflected events from the lower crust have been recorded.

In order to achieve the desired survey aim of the research project it was necessary to use new and in part unusual ways for the technical execution of the survey program. A few rough estimates carried out during the planing stage showed that for the steep-angle zone moveout times of about 0.5 to 1 s were necessary, these could only be obtained with geophone spreads larger than 20 km. With these large geophone spreads three 48-trace Sercel systems were used at the same time and the work was carried out with a geophonegroup spacing of 160 m and the small in-line offset of 320 m. Therefore, the geophone spread recorded for one shot was normally longer than 23 km; further 48 geophone groups (approx. 7.7 km) were laid out before the start of the survey and had to be moved during the survey. In addition, two digital 12- and 24-trace reflection-recording systems from the institutes were mostly used with a smaller group spacing in the wide-angle zone. The degree of coverage with the CDP-method applied was

Gelände möglichst ohne Zeitverlust erreichen. Ferner mußten die Kabelauslagen so gestaltet und an die Apparaturen angeschlossen werden, daß alle drei Apparaturen nach je 4 Registrierungen an vorbestimmte neue Positionen umziehen konnten.

Zeitpunkte zu finden, zu denen an allen 144 Geophonstationen gleichzeitig Ruhe herrschte, war natürlich schwierig bzw. praktisch kaum möglich. Um allzu lange Wartezeiten zu vermeiden, wurden bei den Registrierungen auch einige wenige Spuren ohne brauchbare Informationen in Kauf genommen.



Abb. 3
Relais-Station für die Überbrückung der großen Schußpunkt-Geophonentfernungen
Relay station, necessary for large shotpoint-geophone distances

Die Schußauslösung und das Einschalten der Registrierapparaturen erfolgte über Radio. Hierzu war es nötig, wegen der großen Entfernungen und des morphologisch recht bewegten Gebietes der Schwäbischen Alb (siehe Abb. 3), Relais-Stationen zu verwenden. Es mag interessieren, daß hierzu zeitweilig auch die Burg Hohenzollern benutzt werden durfte. In einigen Fällen, in denen ausnahmsweise die Entfernung zwischen Schuß und nächster Apparatur bei stark eingeschnittenem Gelände bis zu ca. 50 km betrug, stieg der Chef-Funker des Trupps, Bredemeier, mit einem ZXDD-Gerät auf die Burgruine Staufeneck bei Salach und startete von dort aus sowohl den Schuß als auch die Apparaturen. Herr Professor Meißner besorgte dabei eigenhändig, mit Hochschul- und PRAKLA-SEISMOS-Assistenz, Transport und Aufstellung einer größeren Antenne für den Schießmeister.

Um eine gemeinsame Registrierung der Schüsse durch die Hochschulapparaturen und die PRAKLA-SEISMOS-Apparaturen zu ermöglichen, wurde von allen Apparaturen das Zeitzeichen des Senders Darmstadt mitregistriert. Für die Schußzeiten wurde vereinbart, daß nur zu vollen Viertelstunden ein Schuß abgetan werden durfte.

Alle anfallenden Vorbereitungen, Benachrichtigungen, Einmeßarbeiten usw. waren zwar im Prinzip nicht anders als bei sonstigen seismischen Feldarbeiten, nur erreichten sie durch den Umfang und den gesetzten zeitlichen Rahmen eine neue Dimension. Hier hatte Herr

8-fold. These geophone groups consisted of 24 geophones each and were each about 100 m long. This spread geometry was a reasonable compromise between the aim of the survey, the available money, and the intended survey time of 10 to 11 days.

The laying out and moving of the geophones naturally made it necessary to have an especially good organization and caused a few difficulties in the beginning, as after every shot new geophone stations had to be ready for connection to the recording systems. This meant that with each geophone move, cables and geophones had to be transported for air-line distances of more than 30 km. It was, therefore, necessary that the transport convoy (naturally as well as the instruments, drilling rigs, etc.) should reach the required positions in the field with as small as possible loss of time. Furthermore, the cable layouts had to be made and connected to the instruments in such a way, that all three seismic systems could be moved to new, predetermined positions after every fourth recording.

To find a moment at which all 144 geophone stations were quiet was naturally difficult or practically not possible. In order to avoid long waiting times a few traces without usable information had to be accepted during the recordings.

Triggering of the shot and of the recording systems were made by radio. Due to the large distances and the morphologically very rough areas of the Schwabian Alb (see Fig. 3) relay stations had to be used. It may be of interest that for this purpose we were able to use Hohenzollern Castle. In exceptional cases when the distance between the shot and the next recording system was as far as 50 km over very mountainous terrain, the chief radio operator, Mr. Bredemeier, had to climb the ruin of Staufeneck Castle, near Salach, and started the recording systems together with the shot from there. Professor Meißner, on his own initiative, transported and erected a large aerial for the shooter with aid of the universities and PRAKLA-SEISMOS. In order to make a joint recording of the shots by the university and PRAKLA-SEISMOS systems possible, the time signal of the Darmstadt-transmitter was recorded by every system. It was agreed for the shooting time that shots could only be made at every full quarter of an hour.

All the necessary preparation, information and topographical survey, etc. were, in principle, the same as for other seismic fieldwork, but due to the scope and limited time available they took on a new dimension. Mr. Bartelsen, assistant at the Geophysical Institute of Kiel University, paved the way by having many long discussions with, and visits to, the authorities.

Permitmen and three strengthened topographical survey groups began the work 14 days before the seismic survey was due to start. In the meantime the necessary technical preparations were made in Hannover. Three systems had to be fitted out in such a way, that they could synchronously record a 144-trace spread. Thanks to careful planning relatively less trouble occurred during the survey. But of course things did not always run perfectly. During the survey work communication difficulties occurred from time to time which resulted in delays, even though all three Sercel systems were fitted out with high antennas (see cover) and two relay stations were available. Two examples of the unexpected: All stations, i. e. shooter, relay station and the three systems, were "ready for firing" when system I reported a



Die Messung beginnt, Start of the survey

Bartelsen, Assistent am Geophysikalischen Institut der Universität Kiel, in langen Gesprächen und vielen Besuchen bei den Behörden in dankenswerter Weise die ersten Wege geebnet.

Mit Permittleuten und drei verstärkten Vermesserguppen setzten dann 14 Tage vor Meßbeginn die Einmeßarbeiten ein. Derweil wurden in Hannover die für eine derartige Messung notwendigen technischen Vorbereitungen getroffen. Es galt, drei Apparaturen so auszustatten, daß sie synchron eine 144spurige Auslage registrieren konnten. Dank einer sorgfältigen Planung kamen dann bei der Vermessung verhältnismäßig wenig Pannen vor. Aber ganz glatt ging es natürlich auch nicht immer. So gab es während der Meßarbeiten doch hin und wieder Verständigungsschwierigkeiten und damit Verzögerungen, obwohl alle drei Sercel-Apparaturen mit hohen Antennen ausgerüstet waren (siehe Titelbild) und zwei Relais-Stationen zur Verfügung standen. Um nur zwei Fälle plötzlich auftretender Unabwägbarkeiten herauszugreifen: Alle Stationen, d. h. Abschieser, Relais-Station und drei Apparaturen, waren „fertig zum Schuß“, als Apparatur I ein heftiges Gewitter meldete. Obwohl zwei Apparaturen in herrlichem Sonnenschein standen, mußte aus Sicherheitsgründen die Messung für kurze Zeit unterbrochen werden. Oder: Häufig wurden durch Mähmaschinen oder in einem Fall bei Manövern durch Panzertruppen Kabelschäden verursacht. Um sie schnell beheben zu können, stand jedoch jedem Meßwagen eine motorisierte „Eingreif-Reserve“ zur Verfügung.

Drei Sprengstofftransportfahrzeuge hatten vollauf damit zu tun, die zehn schweren Bohrgeräte vom Typ 3034 und 5001 mit Sprengstoff zu versorgen. Der tägliche Verbrauch lag bei über einer halben Tonne Sprengstoff. Insgesamt wurden 63 Schüsse abgetan, wobei 22 km Schießdraht verbraucht wurden.

Auf der Ach-Alm bei Reutlingen waren die beiden Hauptquartiere untergebracht. Hier hatte man nicht nur einen wunderbaren Ausblick auf die schöne schwäbische Landschaft, sondern auch – und das war wohl das Wichtigere – die beste Chance, noch einen einigermaßen guten Funkkontakt zu dem „Über-Hundert-Mann-Heer“ der PRAKLA-SEISMOS aufrechtzuerhalten.

Neben dem PRAKLA-SEISMOS-Büro hatte Herr Professor Meißner – unterstützt von Herrn Bartelsen – mit seinen über 60 Mitarbeitern, unter denen sich auch einige Assistentinnen und Studentinnen befanden, Quartier bezogen. 26 Außenstationen vom Typ Mars mit 3 Kanälen sowie eine DFS IV der Universität Kiel wurden von hier aus telefonisch, per Funk oder per Kurier betreut. Täglich wurden bis in die Nacht hinein in guter Teamar-

heavy thunderstorm. Even though two systems stood in beautiful sunshine the survey had to be interrupted for a short time for safety reasons. And: Often the cables were damaged by harvester machines or in one case by tanks on manoeuvres. In order to quickly repair the cables a motorised "repair team" was attached to every recording truck.

Three explosive trucks had their work cut out in supplying explosives to the 10 heavy drilling rigs of the 3034 and 5001 types. Their daily consumption was over half a ton of explosives. A total of 63 shots was made for which 22 km of shooting wire were used.

The two main quarters were situated on the Ach-Alm near Reutlingen. Here one had not only the wonderful view over the beautiful Schwabian landscape, but also – and that was the more important – the best chance to keep in reasonably good radio contact with PRAKLA-SEISMOS's army of more than 100 men.

Next to the PRAKLA-SEISMOS office, Prof. Meißner – supported by Mr. Bartelsen – set up quarters for his co-workers. (These included female assistants and students and numbered over 60 in total.) 26 field stations of the Mars-type with three channels, as well as a DFS IV from Kiel University were supervised from here by telephone, radio or courier. Every day new situations occurred suddenly, meaning that program changes and technical difficulties had to be discussed. These discussions often lasted well into the night in an atmosphere of good team effort which enabled the correct decisions to be made.

The results were generally good, especially from the deep crust region. Examples are shown in Fig. 4 and 5.

The data processing, which is not yet finished, shall embrace together with CDP-stacking a continuous determination of the optimal stacking velocities. Thereby the "seismic stripping" method will be used (Th. Krey, Geophysics 1978), i. e. the effect imposed on the reflection times by non-horizontal sediment layers shall be taken into account and removed before the data processing. With the optimal stacking velocities obtained in this way, experiments shall be made later to test if some zones of reduced velocities are present in the crust within the survey region and using the publication "How to Take Better Advantage of our Recording Channels" (Th. Krey, EAEG-Meeting 1977) the trend of the boundaries of the lower velocity zones should be determined.

The fact that the technically new and very expensive survey could be carried out successfully in spite of the difficulties is due to the cheerful commitment, the wealth of ideas and the good cooperation of all the workers from PRAKLA-SEISMOS and the universities.

- Neues Liftsystem, ähnlich wie beim VVCA, jedoch hydraulisch synchronisiert
- Besonders tiefer Schwerpunkt des Gerätes
- Abgestrahlte dynamische Kraftamplitude größer
- Hohe Andruckkraft der Bodenplatte, dadurch bessere Ankopplung an den Untergrund
- Große Bodenfreiheit der Vibratorplatte in Ruhestellung
- Doppelte Kraftstoffmenge an Bord gegenüber dem Serienfahrzeug Magirus-Deutz
- Hohe Geschwindigkeit und große Zugkraft
- Bessere Anordnung und Übersicht der Bedienelemente im Fahrerhaus
- Lärmabstrahlung stark vermindert
- Servicefreundlichkeit

Einhalb Jahre ist er nun im Einsatz, der „Neue“, eine Zeitspanne immerhin, die uns zu der Feststellung berechtigt: der VVDA-Vibrator hat seine Probe bestanden – was aber nicht heißen soll, daß wir uns auf eventuell geernteten Lorbeeren auszuruhen gedenken. Im Gegenteil!

- Only **one** power unit for the vehicle and hydraulic system, including lift system
- New lift system, similar to VVCA, but with hydraulic synchronisation
- Especially low centre of gravity of the system
- Greater dynamic peak force
- Higher base-plate pressure, therefore improved base-plate coupling
- High ground clearance in the lifted-up position
- Double fuel carrying capability in comparison to the conventional Magirus Deutz truck
- High speed and towing capability
- Improved positioning of the control console in the vehicle cabin
- Improved soundproofing
- Ease of servicing

The VVDA has now been in operation for one and a half years, proof enough to say that it has passed all tests. It goes without saying, that we are not going to rest on our laurels, quite the opposite!

Unsere Erde als Wärme- energiequelle

Dr. R. Köhler

4000 Jahre lang könnten wir den Energiebedarf der Menschheit decken, wenn es gelänge, die Wärme der Erdkruste im Bereich der Kontinente bis 5 km Tiefe zu nutzen.

Diese Aussage ist allerdings kein Grund für die Kernkraftgegner nun zu frohlocken, denn das Vorhandensein solch gewaltiger Wärmeenergiemengen und ihre Nutzbarmachung sind zwei sehr verschiedene Dinge.

Wissenschaft und Technik haben begonnen, die Technologie zur Erschließung der Erdwärme im Rahmen eines Forschungsprogrammes der Bundesregierung und der Europäischen Gemeinschaft zu entwickeln. Auch unsere Gesellschaft wurde in diesen Prozeß (wie auch in andere ergänzende Forschungsaufgaben) durch die Teilnahme an speziellen seismischen Untersuchungen im Bereich der Wärmeanomalie Urach eingeschaltet (siehe folgenden Beitrag). Dieses Projekt stand unter der Leitung von Herrn Professor Dr. Meißner, Universi-

Our Earth as a Thermal Energy Source

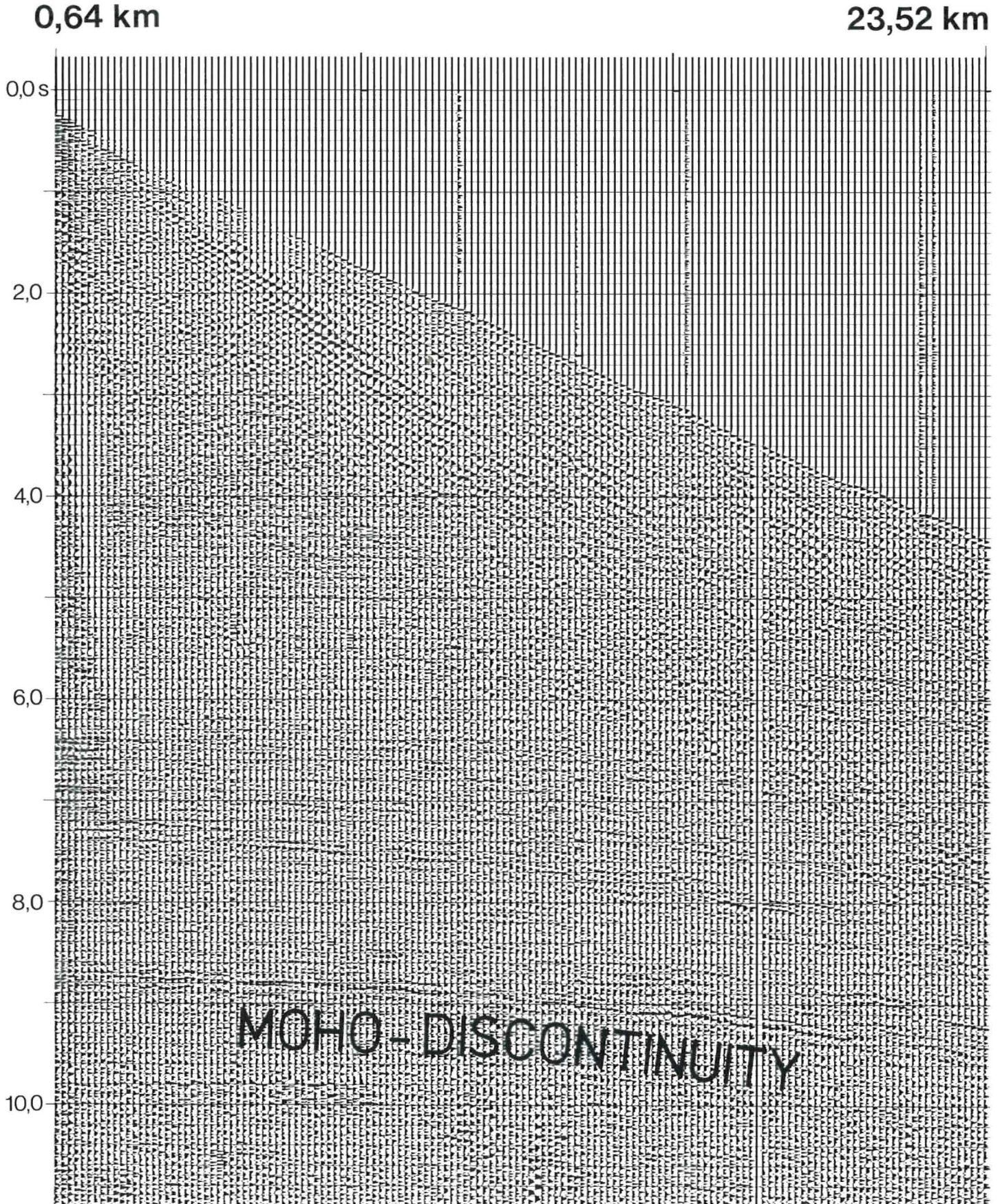
For 4000 years we could meet the energy demand of man if it was possible to use the heat of the earth's crust in the region of the continents to depths of 5 km.

This statement is, however, not a reason for the atomic power protestors to celebrate, as the presence of such large quantities of thermal energy and their exploitation are two very separate things.

Science and engineering have begun to develop the technology for the harnessing of the earth's heat within the scope of a German Government and E. E. C. research program. Our company is involved with the process (as well as with other complementary research works) as we were taking part in a special seismic survey in the area of the Urach Thermal Anomaly. This project is being directed by Professor Dr. Meißner of Kiel University, who, as a field party chief for our company, gained many years of practical experience in applied seismics.

Fig. 4
144spuriges unkorrigiertes Seismogramm mit guten Ergebnissen im tiefen Krustenbereich. Die Reflexion bei 8,7 Sekunden t_0 -Zeit (Moho-Bereich) hat eine Moveout-Zeit von etwa 0,8 Sekunden

Uncorrected seismogram of 144 traces with good events from the lower crust. The reflection at 8,7 seconds t_0 -time (Moho zone) has a moveout-time of about 0,8 seconds



beit plötzlich auftretende neue Situationen, Programmänderungen und technische Schwierigkeiten diskutiert und die entsprechenden Folgerungen gezogen.

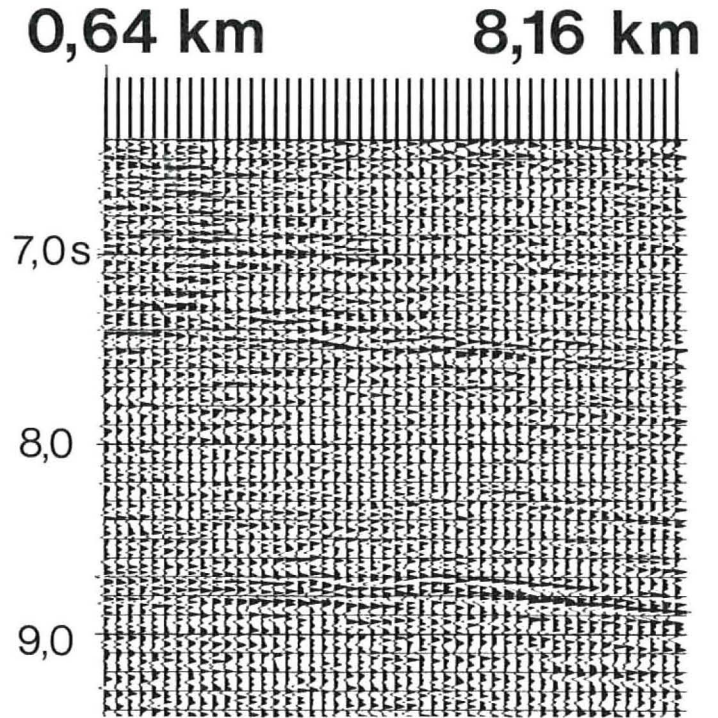
Die Ergebnisse waren besonders im tiefen Krustenbereich meist recht gut. Beispiele sind die Abbildung 4, in der die guten Ersteinsätze und die guten Reflexionen im Krustenbasis-Bereich auf einem 144spurigem Seismogramm zu sehen sind und die Abbildung 5.

Die Datenverarbeitung, die bisher noch nicht abgeschlossen wurde, soll neben der CDP-Stapelung eine kontinuierliche Bestimmung der optimalen Stapelgeschwindigkeiten umfassen. Dabei soll von der Methode des „Seismic Stripping“ Gebrauch gemacht werden (Th. Krey, Geophysics 1978), d. h. die Auswirkungen, die die Abweichungen der Sedimentschichten vom ebenen Verlauf auf die Reflexionszeiten haben, sollen vor der Datenverarbeitung weggerechnet werden. Aufgrund der so ermittelten optimalen Stapelgeschwindigkeiten soll später untersucht werden, ob im Meßbereich irgendwelche Zonen mit verminderten Geschwindigkeiten in der Kruste vorliegen und aufgrund der Arbeit „How to Take Better Advantage of our Recording Channels“ (Th. Krey, EAEG-Tagung, 1977) soll berechnet werden, wie die Begrenzungen dieser Zonen vermindert Geschwindigkeiten verlaufen.

Daß diese technisch neuartige und sehr aufwendige Vermessung trotz aller Schwierigkeiten erfolgreich durchgeführt werden konnte, ist der Einsatzfreudigkeit, dem Einfallsreichtum und der guten Zusammenarbeit aller Mitarbeiter von PRAKLA-SEISMOS und von den Universitäten zu verdanken.

Fig. 5
Seismogrammsection mit 48 schußpunktnahen Geophongruppen zeigt eine sehr gute Moho-Reflexion und weitere Reflexionen aus dem tiefen Krustenbereich

Seismogram section with the 48 shotpoint-nearest geophon groups showing a good Moho-reflection and other reflections of the deep crust zone



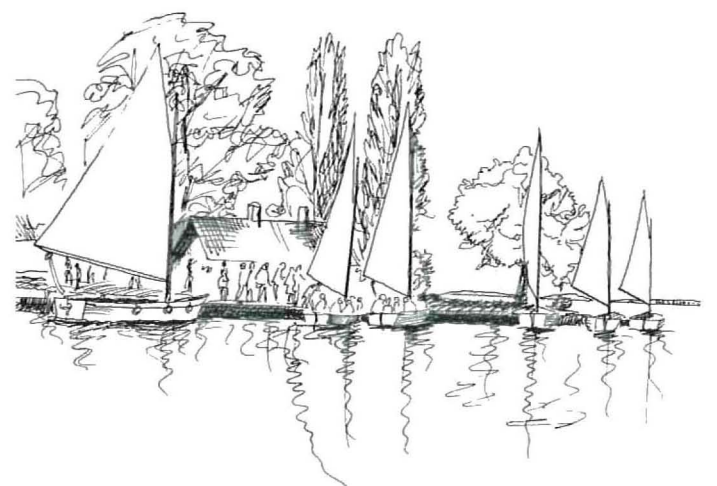
PILOT

Ein kompaktes Satelliten-navigationsgerät

B. Gerlach, H. Inderthal

Das rund 50 km nordwestlich von Hannover gelegene Steinhuder Meer war im Jahr 1978 einige Tage lang nicht nur das Ziel von Ausflüglern und Freizeitsportlern. Die PRAKLA-SEISMOS hatte ein Schiff gechartert, um Versuchsfahrten durchzuführen: **Nach einer gründlichen Testserie im Labor sollte sich das neu entwickelte Satelliten-Navigationsgerät PILOT im ersten mobilen Einsatz bewähren.**

Unser Ziel war, die erwartete höhere Genauigkeit bei der Schiffspositionsbestimmung mittels Satelliten auch bei Verwendung von extrem schlechten Fahrt-



PILOT

A compact device for satellite navigation

The "Steinhuder Meer", a lake which lies approximately 50 km northwest of Hannover, was for a few days in 1978 not only the target of day-trippers and sportsmen, but also the working area of a PRAKLA-SEISMOS team, which had chartered a ship to carry out a series of tests. **After a basic test series in the laboratory the newly developed PILOT satellite-navigation instrument was to prove itself in its first mobile application.**

und Richtungs-Sensoren nachzuweisen, denn eine exakte Überprüfung der berechneten Standortwerte mit den tatsächlichen Standorten war mittels der genau eingemessenen Bojen und Landmarken entlang des Ufers jederzeit möglich.

Für unsere Versuchsreihe mieteten wir das Motorschiff „Schaumburg-Lippe“, das normalerweise, vollbesetzt mit 75 Personen, zur Insel Wilhelmstein (auf der Graf Wilhelm zu Schaumburg-Lippe während des Siebenjährigen Krieges eine Zitadelle erbaut hatte, die noch heute steht) oder zum Weißen Berg fährt. Neben dem eigentlichen Testgerät waren jeden Morgen ein 220 V-Aggregat, Benzinkanister, verschiedene Meßinstrumente usw. an Bord zu bringen. Auch eine Schreibmaschine (Teletype) war dabei, mit der einerseits die vom Satelliten empfangenen Daten zu Kontrollzwecken ausgedruckt wurden und die andererseits einen Lochstreifen erzeugte, der eine Nachberechnung der Positionswerte auf der Rechananlage im Labor Eupener Straße ermöglichte.

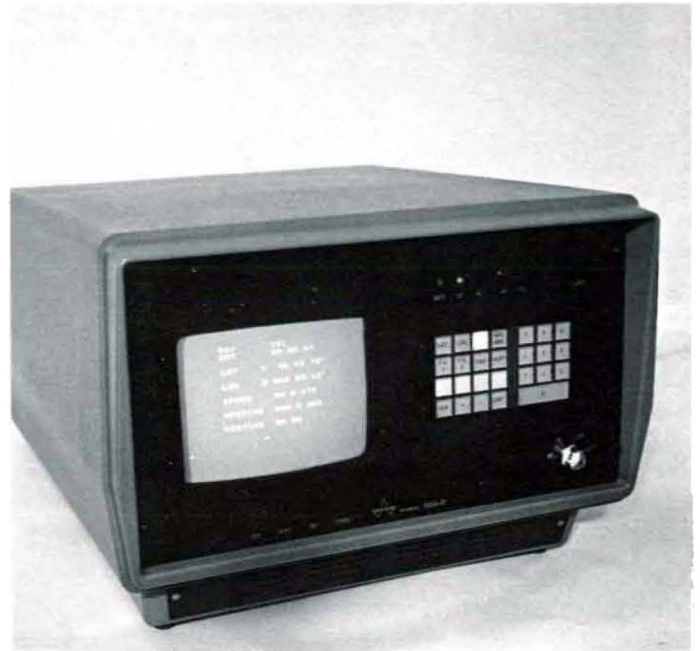
Das Ganze auf eine Schubkarre zu laden und in drei Gängen morgens und abends über den Anlagesteg an und von Bord zu bringen, war bald Routine. Gegen 9.00 Uhr legten wir meistens zur ersten „Rundfahrt“ in Richtung Feste Wilhelmstein ab.



B. Gerlach wartet auf den Ausdruck der Satellitendaten
B. Gerlach waiting for the print-out of satellite data

Unsere Leser wissen aus früheren Beiträgen, daß zur Zeit fünf Satelliten des „Navy Navigational Satellite System“ in polaren Bahnen unsere Erde in etwa 1000 km Höhe mit einer Umlaufzeit von ca. 100 Minuten umkreisen. Aus den auf zwei Trägerfrequenzen gesendeten Satelliten-Bahndaten und den aus der Relativbewegung zum Schiff resultierenden Dopplerfrequenzen läßt sich der Standort des Schiffes bei stationärem Betrieb mit einem Einkanalempfänger im Mittel auf etwa 100 m genau berechnen. Im mobilen Betrieb ist die Genauigkeit der Positionsberechnung wesentlich abhängig von Kurs- und Geschwindigkeits-Meßfehlern.

Die starke Reduktion dieser Einflüsse auf die Standortbestimmung ließ sich bei dem neu entwickelten Verfahren erreichen **durch die Einbeziehung der Geschwindigkeitskomponenten in den Schätzprozeß**



Der Prototyp des PILOT
The prototype of the PILOT

Our intention was to demonstrate the expected improved accuracy in the calculation of the ship's position **even when using extremely bad sensors for speed and heading.** An exact checking of the calculated positions with the actual positions was possible by comparing them with the accurately surveyed positions of buoys and landmarks on the shore.

For our test series we chartered the motor ship "Schaumburg-Lippe" which normally steams with a full load of 75 people to the "Insel Wilhelmstein" (on which during the Seven Years War Graf Wilhelm zu Schaumburg-Lippe erected a citadel, which still stands today) or to the "Weißer Berg". Every morning a 220 V aggregate, petrol cans and various instruments, etc., had to be brought on board, together with a printer (Teletype) which was used to print out the data received from the satellites for control purposes and to produce a punched tape, which enabled the control of the position values to be carried out on our computer in the Eupener Straße laboratory.

The loading of the whole lot onto a wheelbarrow and bringing it on board every morning and taking it off every evening in three trips over the landing stage soon became a routine. At about 9.00 h we normally set off for our first "round trip" to the Fortress Wilhelmstein.

Our readers know from previous articles in the "Report", that, at present, five satellites of the "Navy Navigational Satellite System" are travelling round the earth in polar orbits at a height of about 1000 kilometers, each orbit taking approximately 100 minutes. By computing the satellite orbit data transmitted on two carrier frequencies as well as the doppler frequencies which result from the relative movement between satellite and receiver, the ship's position can be calculated with an average accuracy of about 100 m by using a stationary one-channel-receiver. In mobile use, the accuracy of positioning essentially depends on heading- and speed-errors in the measurements.

und durch die Tatsache, daß **von der sonst üblichen Berechnung der Korrekturwerte für die geografische Länge und Breite nach der Methode der kleinsten Quadrate abgegangen wurde.**

In einer Reihe von Simulationen mit Rohdatensätzen unserer integrierten Navigationsanlage „INDAS IV“ waren die Vorteile unseres neuen Verfahrens bereits deutlich geworden: Bei einem Geschwindigkeits-Meßfehler von einem Knoten in Richtung Nord, der sonst zu einem mittleren Standortfehler von 400 m führte, berechnete das neue Verfahren den Schiffsstandort auf 200 m genau. Bei noch größeren Fahrgeschwindigkeitsfehlern ließen sich sogar Verbesserungen bis zu 80% erreichen.

Bei unseren Fahrten auf dem Steinhuder Meer ging es nun darum, diese im Labor erhaltenen Ergebnisse unter realen Bedingungen zu bestätigen. Um es kurz zu sagen: der PILOT erfüllte alle in ihn gesetzten Erwartungen, und damit wurde grünes Licht für den Bau der ersten Vorserie gegeben. Auf der Messe „Schiff, Maschine, Meerestechnik“ in Hamburg wurde unser PILOT erstmalig der Öffentlichkeit vorgestellt.

Zurückblickend auf die Testfahrten im Hochsommer-Monat Juli müssen wir feststellen, daß sie kein reines Vergnügen waren. So richtig warmes und sonniges Wetter, wie man es sich für eine Rundfahrt auf dem Steinhuder Meer wünscht, hatten wir in der ganzen Woche nur ein einziges Mal, und sogar an diesem Tag war es ohne Rollkragenpullover und Anorak nicht auszuhalten. An einem Tag regnete es so stark, daß trotz heruntergelassener Fensterrollos die Schreibmaschine naß wurde und für diesen Tag ihre Mitarbeit einstellte. Aber was soll's, Satellitennavigation funktioniert ja bei **jedem** Wetter.

The substantial reduction of these influences on position finding with the newly developed procedure is achieved by integrating the speed components into the estimation process and by abandoning the method of least squares normally used in calculating the correction values for the geographical longitude and latitude.

In a series of simulations with several raw data records from our integrated navigation system "INDAS IV" the advantages of our new procedure were soon demonstrated: With a speed measurement error of one knot in north direction which normally leads to an average positioning error of 400 m, our procedure calculated the ship's position within an accuracy of 200 m. With even larger speed errors, improvements of up to 80% could be achieved.

The intention of our trips on the Steinhuder Meer was to confirm the results obtained in the laboratory under operational conditions. In short: The PILOT fulfilled all expectations and we therefore obtained the green light for the production of the first prototype series. At the Fair "Schiff, Maschine, Meerestechnik" ("Ship, Machine, Sea Technology") in Hamburg our PILOT was presented to the public for the first time.

Looking back on the test trips in the summer month of July we must state that they were not pure relaxation. We only had the really warm and sunny weather, which is desirable for a cruise on the Steinhuder Meer, **once** during the whole week and even then it would not have been possible to survive the day without a rollneck-jumper and an anorak. On one day it rained so hard that even with the window blinds lowered the printer became so wet that it "suspended cooperation" for the rest of the day. But what does it matter, satellite navigation functions **in all weathers.**



SEG 1978

H. J. Körner

Das Motto der SEG-Tagung 1978, die vom 29. Oktober bis 2. November in San Francisco stattfand, war „Geophysics, Golden Gateway to Energy“. Es stand unter anderem auf der Abbildung der Stirnseite eines Cable Car, dem wohl hervorstechendsten Wahrzeichen von San Francisco.

Die Cable Car ist als Straßenbahn mit unterirdischem Seilantrieb bekanntlich ein einmaliges Beförderungsmittel in der Welt. Bereits seit 1873 transportiert sie die

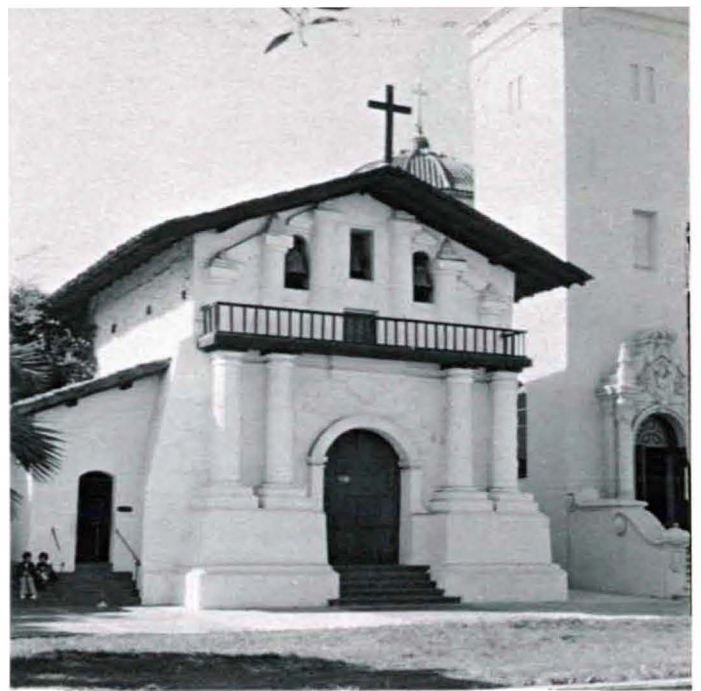
The motto of the SEG-Meeting 1978 which took place in San Francisco from October 29 to November 2 was "Geophysics, Golden Gateway to Energy". This motto was written, amongst other places, across a picture of the front of a cable car, the most conspicuous tourist attraction of San Francisco.

The cable car is a type of tram which is well known as the only transport system in the world with a subterranean rope drive. Since 1873, it has been carrying the city's inhabitants and visitors over the city's hills, which in places have gradients of 25%! It survived the large earthquake of 1906 and three routes of the old system are still in operation today, though, not just as a tourist attraction. However, was this "oldtimer" the appropriate background for the most modern geophysics as San Francisco has the most modern subway in the world, so fully automatic that strangers are even warned not to use it? Or should one perhaps avoid making out of place interferences on the "use" of modern geophysics?

Golden Gateway is the road which leads over the famous Golden Gate Bridge, which is another landmark



1



2



3



4

Einwohner und Besucher dieser Stadt über ihre Hügel mit z. T. 25% Steigung! Sie überstand das große Erdbeben von 1906 und verkehrt mit drei Linien noch heute, und dies nicht nur als Touristenattraktion. Aber war denn dieser „Oldtimer“ der richtige Hintergrund für die so moderne Geophysik, wo doch San Francisco die modernste U-Bahn der Welt hat, so vollautomatisch eingerichtet, daß Fremde sogar vor ihrer Benutzung gewarnt werden? Oder wollte man vielleicht vermeiden, nicht angebrachte Rückschlüsse auf die „Benutzung“ der modernen Geophysik zu ziehen?

Golden Gateway ist die Straße, die über die berühmte Golden Gate Bridge führt, ein anderes Wahrzeichen von San Francisco. Es ist in der Tat ein Erlebnis, den Golden Gateway nach San Francisco zu nehmen oder sich der City von San Francisco über die Oakland Bay Bridge zu nähern, bei Tage oder besser noch im nächtlichen Lichterspiel, oder aber die City von San Francisco von den Twin Peaks aus zu Füßen zu haben mit der Bucht im Hintergrund.

Die Bucht von San Francisco wurde erst 1769 von Spaniern entdeckt. 1776 wurde eine Militärstation und die Missionsstation „San Francisco de Asis“ gegründet. 1847, als die hier entstandene Siedlung „San Francisco“ getauft wurde, hatte sie etwa 1000 Einwohner. Ein Wachstum ohnegleichen begann aber 1848 mit der Entdeckung der Goldfelder etwa 200 km östlich der Siedlung und dem daraufhin einsetzenden Goldrausch.

(1) **Golden Gate Brücke Golden Gate Bridge**

(2) **Missionsstation „San Francisco de Asis“ die Keimzelle San Francisco's Mission station "San Francisco de Asis", germ-cell of San Francisco**

(3), (4) **Bilder aus der „Chinesenstadt“ von San Francisco Pictures from the „China Town“ of San Francisco**

of San Francisco. It is certainly an experience to approach San Francisco along the Golden Gateway or over the Oakland Bay Bridge during the day, or even better in the evening, with its twinkling lights, or alternatively to stand on the Twin Peaks with San Francisco at ones feet and the bay in the background.

The Bay of San Francisco was first discovered by Spaniards in 1769. In 1776 a military station and the mission station "San Francisco de Asis" were founded. In 1847, when the settlement which had grown up here was named "San Francisco", it had 1000 inhabitants. A growth rate without comparison began in 1848 with the discovery of the gold fields about 200 km east of the settlement and the ensuing gold rush. Today, 675 000 people live in the city of San Francisco and approximately 5 million in the metropolitan area.



5

Heute leben in der Stadt San Francisco 675 000 Menschen, in seinem Großraum jedoch ca. 5 Millionen.

San Francisco fasziniert durch ein turbulentes und vielfältiges Leben in den Straßen; es ist die Stadt mit dem größten Chinesenviertel (65 000) außerhalb Asiens, es ist Anziehungspunkt für Menschen mit unkonventionellen Ansichten (die Hippies gehören z. B. dazu) auch noch heute, es ist eine Stadt mit Straßentheatern und Straßenmusik, und nicht zuletzt eine Kulturstadt. San Francisco ist eine Stadt mit gutem Klima und eine Stadt mit einer landschaftlich reizvollen Umgebung an einer Bucht, oder besser gesagt, an einem 100 km langen und 10 bis 20 km breiten Binnensee gelegen. Ihre westlichen Außenbezirke reichen bis an den Pazifik heran. Im Norden und Süden der Stadt wird Weinbau betrieben. Reizvoll sind auch die Hügellandschaft im Osten und das 100 km hinter ihr gelegene Hochgebirge.

Kein Wunder also, daß die Tagung sehr gut besucht war. Mit insgesamt ca. 5500 Teilnehmern wurde der bisherige Rekord von 6000 in Houston (1976) nicht ganz erzielt, jedoch stellt die Teilnahme der darin enthaltenen 1700 Begleitpersonen einen Rekord dar, ebenso die Belegung von 3500 Hotelzimmern. Rekord war auch die Ausstellung mit 375 Ständen, die von ca. 175 Ausstellern eingerichtet waren. Natürlich gehen diese Zahlen auf das ständige Anwachsen der SEG zurück, die 1951 fast 3000, 1958 – 1965 konstant fast 6000, 1974 fast 9000 und 1978 fast 12 000 Mitglieder hatte. Übrigens wurde erstmalig auch eine Delegation aus der Volksrepublik China (10 Personen) registriert, deren Mitglieder auch mehrere sehr beachtete Vorträge hielten.

Das Programm mit ca. 250 Vorträgen wurde in fünf Sälen parallel abgewickelt. Gesteigertes Interesse galt dabei stets den Vorträgen, die sich auf die großen, von verschiedenen Firmen auf internationaler Ebene getragenen drei Projekte beziehen, an denen sich auch unsere Gesellschaft beteiligt:

1. Stanford Exploration Projekt, Leiter John Claerbout:
Verfahren der „Finite Difference Technique“
(Migration, Modellierung, Filter, Multiplen-Beseitigung)
2. Stanford Rock Physics Projekt, Leiter Amos Nur:
Verfahren zur Ermittlung von Gesteinseigenschaften
(Absorption, Wellentypen)
3. „Houston Projekt“ (Seismic Acoustic Laboratory,
University of Houston), Leiter Fred Hilterman:
3D-Verfahren
(Verbesserung der Aufnahmetechnik, Datenverarbeitung, Interpretation)

(5)
**Vivaldi in den Straßen von
San Francisco**
**Vivaldi in the streets of
San Francisco**

San Francisco is fascinating because of the turbulent and cosmopolitan life in its streets. It is the city with the largest Chinese quarter (65 000) outside Asia, and even today it is a centre of attraction for people with unconventional ideas (including hippies). It is a city with street theatres and street music and last but not least it is a cultural city.

San Francisco is a city with a good climate, a city with scenically charming surroundings, a city on a bay, or better said, on a 100 km long and 10 to 20 km wide lake. Its western outer suburbs spread as far as the Pacific. There are vineyards to the north and south of the city and the hills to the east are very charming, as is the 100 km distant mountain chain.

Therefore, it is no wonder that the meeting was well attended. With a total of approximately 5 500 participants the previous record of 6000 in Houston (1976) was not quite reached. The 1700 people who accompanied the scientists, however, set a record, as did the 3500 hotel rooms booked. The 375 booths in the exhibition which quartered the 175 or so exhibitors also set a record. Naturally these figures are due to the constant increase in size of the SEG, which membership figures have developed as follows: 1951 almost 3000, 1958 – 1965 constant at almost 6000, 1974 almost 9000, and 1978 almost 12 000. For the first time 10 delegates from the Peoples Republic of China were registered and presented several very noteworthy papers.

The program with almost 250 papers was held simultaneously in five halls. Considerable interest was constantly shown in the papers about three large international projects which are being carried out with the support of various firms, including our own:

1. Stanford Exploration Project, leader John Claerbout:
Process of the "Finite-Difference-Technique" (Migration, Modelling, Filters, Elimination of Multiples).
2. Stanford Rock Physics Project, Leader Amos Nur:
Process to determine the properties of rocks (Absorption, Wave Types).
3. "Houston Project" (Seismic Acoustic Laboratory, University of Houston), Leader Fred Hilterman:
3D-Processes (Improvement of the Recording Techniques, Data Processing, Interpretation).

In the **exhibition**, the increasing importance of telemetry systems was clearly visible, seismic systems with 96 to 120 traces will soon be replaced by devices with up to 240 channels. The increasing interest in shear-wave measurements goes hand in hand with the development and improvement of systems for the generation of shear waves (vibrators, transversely aligned pistons in boreholes). The increasing interest in colour presentation was met by new colour plotters.

PRAKLA-SEISMOS put for the first time the complete spectrum of its products of the subsidiary company "GEOMECHANIK GMBH" in the foreground on the almost 60 square metre booth. With the exhibition of the all-terrain vibrator VVCA and the distribution of the new brochures:

In der **Ausstellung** wurde die zunehmende Bedeutung von Telemetrie-Systemen deutlich; 96- bis 120-spurige Apparaturen werden schon bald von Apparaturen mit bis zu 240 Kanälen abgelöst werden können. Das steigende Interesse an Scherwellenmessungen geht Hand in Hand mit der Entwicklung und Verbesserung von Systemen zur Erzeugung von Scherwellen (Vibratoren, querliegende Kolben in Bohrlöchern). Dem wachsenden Interesse an Farbdarstellungen wird durch neue Farbplotter Rechnung getragen.

PRAKLA-SEISMOS stellte auf einem Stand von fast 60 qm erstmalig die „Geomechanik“ mit ihrem Gesamtangebot in den Vordergrund. Durch die Ausstellung des Geländevibrators VVCA und Verteilung der neuen Broschüren:

- Light Mobile Drilling Rig P 1002 (Bohrtiefen bis 100 m)
- Universal Drilling Rig P 3034 (Bohrtiefen bis 300 m)
- Universal Drilling Rig P 5001 (Bohrtiefen bis 500 m)
- Vibrator System VVCA (Geländevibrator)
- Vibrator System VVDA (Straßenvibrator)

sollte die Leistungsfähigkeit unserer Gesellschaft in bezug auf die Entwicklung und den Bau dieser Geräte dokumentiert und für ihren Einsatz bei Auftraggebern sowie für deren Erwerb Interesse geweckt werden. Selbstverständlich waren auch andere Broschüren ausgelegt, insbesondere die PRAKLA-SEISMOS-Informationen-Serie, die über die Dienstleistungen bei PRAKLA-SEISMOS informieren.

In dem nun folgenden Artikel über die Tagung berichten wir über die seismische Datenverarbeitung, die auf den SEG- und EAEG-Tagungen der letzten Jahre eine immer größere Rolle spielte.

(6)
Selbst alte Pioniere sind an unseren Veröffentlichungen interessiert
Even old "wildcatters" are interested in our publications

(7)
PRAKLA's „Packer“ haben sich snacks und drinks verdient
PRAKLA's "packers" have deserved their snacks and drinks

(8)
Unser Stand Our booth

- Light Mobile Drilling Rig P 1002 (drilling depth down to 100 m)
- Universal Drilling Rig P 3034 (drilling depth down to 300 m)
- Universal Drilling Rig P 5001 (drilling depth down to 500 m)
- Vibrator System VVCA (all-terrain vibrator)
- Vibrator System VVDA (road vibrator)

The capacity of our company with respect to the development and production of this equipment was shown with the intention to arise the interest of potential clients for their application and acquisition. Of course, other brochures, particularly the PRAKLA-SEISMOS Information Series, were laid out which showed the spectrum of our services.

In the following article of the Report on the SEG-Meeting we present in detail the newest development in seismic processing, a topic always more dominant at the international geophysical meetings for some years.

6



8



SEG '78

D. Ristow

Folgende Arbeitsgebiete zählten zu den Schwerpunkten der Vortragsthemen in der Seismik:

1. Migration
2. 3D-Processing
3. Seismische Filterverfahren
4. Extraktion geophysikalischer Parameter

1. Migration

Es war interessant, über die verschiedenen Migrations-Verfahren und die Methoden zu ihrer Realisierung in derart zeitlich gedrängter Form zu hören, wie es bisher auf keiner der internationalen geophysikalischen Tagungen der Fall war. Gerade auf dem Gebiet der Migration hat sich in den letzten Jahren eine überraschend schnelle Entwicklung vollzogen und neue, verbesserte Verfahren sind in Zukunft zu erwarten. Doch zunächst einige Bemerkungen zur bisherigen Entwicklung.

Die klassische Summationsmethode wurde ca. 1970 eingeführt und später durch Einbeziehung des Kirchhoff'schen Integralsatzes zur Kirchhoff-Migration verbessert. Anfang bis Mitte der 70iger Jahre entwickelte sich die Finite-Difference-Methode, die gegenüber der Kirchhoff-Methode wesentliche Vorteile aufweist. Man kann sagen, daß die Finite-Difference-Methode das zur Zeit bewährteste Standardverfahren der Migration ist.

Zusätzlich zu diesen beiden Verfahren ist in den Jahren 1975 – 1978 die f, k -Migration entwickelt worden. Die Kirchhoff-Migration und die Finite-Difference-Methode werden im Orts-Zeit-Bereich (x, t) durchgeführt, die f, k -Migration operiert im Frequenz-Wellenzahlbereich (f, k_x) . Kombinierte Verfahren wie z. B. eine Migration im Frequenz-Ortsbereich (f, x) sind ebenfalls bereits realisiert worden.

Als weiteres Verfahren ist die Ray-Tracing-Migration zu erwähnen. Nach einer Vorauswertung der seismischen Sektionen erfolgt eine Abbildung der Zeitsektion in eine Tiefensektion unter Berücksichtigung der Brechung.

Nun einige Spezialprobleme bei der Migration, die auch auf der Tagung behandelt wurden.

Die Downward-Continuation-Technik

Die Downward-Continuation-Technik läßt sich mit allen Migrationsverfahren durchführen; sie wurde bisher realisiert, indem akustische Wellenfelder für verschiedene ebene Flächen parallel zur als eben angenommenen Erdoberfläche berechnet werden. Auf der Tagung wurde dargestellt, daß es möglich und sogar günstiger ist, das Herunterrechnen mit nicht-ebenen Referenzflächen zu vollziehen. Diese nicht-ebenen Referenzflächen können z. B. durch geologische Schichtgrenzen gegeben sein. Es scheint, als wäre das Verfahren für die Kirchhoff-Methode am einfachsten. Hierbei werden die Sender und die Empfänger iterativ jeweils in die neue Referenzfläche gelegt und dabei jene seismischen Sektionen errechnet, die man in dieser neuen Referenzfläche messen würde. Es sieht so aus, als ließe sich dieses Verfahren besonders zuverlässig mit Interaktiv-Systemen realisieren. Die Downward-Continuation-Technik läßt sich auch zur Bestimmung von Migrations- und Intervallgeschwindigkeiten benutzen.

Tiefenmigration

Die Umwandlung einer seismischen Zeitsektion in eine Tiefensektion mit Hilfe der Migration hängt bekanntlich

Schwerpunkte der seismischen Daten- verarbeitung

Keypoints of seismic processing

The following topics belonged to the keypoints of the papers read in exploration seismics:

1. Migration
2. 3D-Processing
3. Seismic filtering methods
4. Estimation of geophysical parameters

1. Migration

It was interesting to hear about the different methods and opinions concerning the realisation of migration so far never given in such a minuteness of detail at international geophysical meetings. Especially concerning migration a surprisingly fast development took place during the last years, new and improved procedures have to be expected in the near future.

At first some remarks on the development so far:

The classic summation migration was introduced in about 1970, was later improved with the help of the Kirchhoff-integral-method and became the Kirchhoff migration.

At the beginning of the seventies, until the mid-seventies, the Finite-Difference-Method was developed, offering important advantages compared with the Kirchhoff-Method. At present the Finite-Difference-Method is the most proven standard method of migration. In addition to both these methods the f, k -migration was developed from 1975 to 1978. The Kirchhoff migration and the Finite-Difference-Method are performed in the space-time-domain (x, t) the f, k -migration is performed in the frequency wavenumber domain (f, k_x) . Combined methods such as a migration in the frequency-space domain (f, x) have already been realized.

As a further method the ray-tracing-migration should be mentioned. After a pre-interpretation of the seismic section a transformation of the time section into a depth section is performed taking refraction into consideration.

Some special problems of the migration, presented at the meeting, will now be discussed briefly:

wesentlich von den hierbei verwendeten Geschwindigkeiten ab. Bei **geringen** Änderungen der Geschwindigkeit in lateraler Richtung gibt es die Möglichkeit, zunächst eine Zeitmigration mit einer anschließenden Image-Ray-Umwandlung vorzunehmen. Bei **starker** lateraler Geschwindigkeitsänderung wurde auf der Tagung hingegen vorgeschlagen, Migration und Tiefenumwandlung durch die Lösung einer Differentialgleichung, die diese lateralen Geschwindigkeitsänderungen berücksichtigt, in einem Schritt durchzuführen. Die Lösung dieser erweiterten Differentialgleichung in Form der Finite Differences dürfte mit Hilfe der Splitting-Methode realisierbar sein.

Migration im Frequenzbereich

Auf dieser Tagung wurde die Migration im Frequenzbereich besonders ausführlich besprochen. Sie läßt sich besonders schnell durchführen, aber der Schnelligkeit steht der große Nachteil gegenüber, daß sich laterale Geschwindigkeitsänderungen nur schwierig berücksichtigen lassen. Die Schnelligkeit des Verfahrens erlaubt aber eine mehrfache Anwendung auf **eine** seismische Sektion, wobei jedesmal das Geschwindigkeitsgesetz geändert werden kann. Dieses Verfahren eignet sich daher sehr gut für Migrationsgeschwindigkeitsanalysen.

Der Migrationsprozeß vor dem Stapeln hat durch Einführung der Migration im Frequenzbereich eine neue und wirtschaftlich vertretbare Lösung gefunden. Hierbei wird die Migration auf die dynamisch unkorrigierten seismischen Spuren durchgeführt. Der Prozeß realisiert die Migration und das Stapeln gleichzeitig.

2. 3D-Processing

Die 3D-Processing-Verfahren sind auf dem Vormarsch: Auf dem Gebiet der Feldtechnik, Datenverarbeitung und Interpretation werden, aufbauend auf den 2D-Verfahren, zuverlässige, aber auch wirtschaftliche Verfahren zur Lösung der dreidimensionalen Seismik angeboten. Folgende Verfahren sind diskutiert worden: 3D-Geschwindigkeitsanalysen, 3D-reststatische Korrekturen, 3D-Migration und 3D-Interpretation.

Hierbei ergibt sich ein wesentliches Problem: Wie lassen sich diese Verfahren rechenzeitmäßig in einem wirtschaftlichen Rahmen durchführen? Zwei Schlagwörter sind: Ausnutzung der Schnellen Fouriertransformation, konsequente Einführung der Splitting-Methode. Unter Splitting-Methode versteht man, bezogen auf das 3D-Problem, ein Verfahren, **einen** zweidimensionalen Algorithmus durch die sequentielle Anwendung von **zwei** eindimensionalen Algorithmen zu ersetzen. Dieses Prinzip läßt sich bei den zweidimensionalen Filtern, bei 3D-reststatischen Korrekturen und bei der 3D-Migration erfolgreich anwenden.

Die 3D-Migration nach dem modifizierten Summationsprinzip (Kirchhoff-Migration) gilt als ein relativ zeitaufwendiger Computerprozeß.

Die 3D-Finite-Difference Migration kann mit Hilfe des Splitting-Prinzips realisiert werden. Diese 3D-Migration impliziert die alternierende Anwendung von 2D-Migrationen und ist auf der Tagung erstmalig mit synthetischen und praktischen Beispielen vorgestellt worden. Dieser Prozeß gilt als relativ schnell und wirtschaftlich.

Die 3D-Migration im Frequenzbereich, d. h. im f_x , f_y , ω -Bereich, hat wie die 2D-Migration den Nachteil, daß sich laterale Geschwindigkeitsänderungen nur schwer

The Downward-Continuation-Technique

The Downward-Continuation-Technique can be realized with all migration methods; it has been performed up to now by computing acoustic wavefields for different plane surfaces parallel to the assumed plane earth surface. It was demonstrated at the meeting that it is possible and even more advantageous to downward-continue to non-plane reference surfaces. These non-plane reference surfaces can be represented by geological layer boundaries. It seems as if this method could be realized very easily with the help of the Kirchhoff-method. This is done by shifting the shotpoints and the receivers iteratively into the new reference surface and by computing those seismic sections which would be measured on this new reference surface. It seems as if this method could be realized exactly by an Interactive Computer System. The Downward-Continuation-Technique can also be used for the determination of migration- and interval-velocities.

Depth Migration

The conversion of a seismic time section into a depth section with the help of migration depends, as is well known, largely on the applied velocity function. In cases of **small** lateral velocity variations there is the possibility of performing first a time migration with a subsequent image-ray-conversion, this is a 2-step method. In the case of a **large** lateral variation of velocity it was suggested to perform migration and depth conversion in **one** step by the solution of a differential equation taking into account the strong lateral velocity variations. The solution of this expanded differential equation with the help of finite differences might be obtained using the splitting method.

Migration in the Frequency Domain

The migration in the frequency wavenumber domain has been discussed in detail during this meeting. The migration can be performed very quickly, but there is the disadvantage that the lateral velocity variations can only be incorporated with great difficulty. As this procedure is very fast on the computer this method can be applied repeatedly on **one** seismic section by varying the migration velocity of each run. As a consequence, the method is very suitable for migration velocity analyses.

The migration process before stacking found a new and economic solution by the introduction of the migration in the wavenumber-frequency domain. In this case the migration is performed on the dynamic uncorrected seismic traces, the migration and the stack are realized simultaneously.

2. 3D-Processing

The 3D-processing methods are in coming.

In field techniques, data processing and interpretation there are – on the basis of the 2D-methods – reliable and economic methods for the solution of 3D-problems.

The following methods have been discussed:

3D-velocity analyses, 3D-residual static corrections, 3D-migration and 3D-interpretation. An essential problem arises: The economic realization of these methods using computers. Two headings are: the implementation of the fast fourier transformation, consequent introduction of the splitting method. Splitting method means – concerning the 3D-problem – a method to replace **one** two-dimensional algorithm by the sequential

berücksichtigen lassen. Beispiele zum 3D-Modelling im Frequenzbereich sind auf der Tagung gezeigt worden. Dieses Verfahren ist von allen bekannten 3D-Migrationsverfahren das schnellste.

Zu erwähnen sind ferner die Ray-Tracing-Migrationsverfahren, die von Isochronenkarten ausgehend mittels Ray-Tracing unter Berücksichtigung der Brechung an Schichtgrenzen die Tiefenprofile ausrechnen.

Neu hinzugekommen ist die folgende Erweiterung: Nach Vorgabe der Isochronenkarten für die verschiedenen Reflexionshorizonte und einiger Laufzeitkurven des Schuß-Geophon-Abstandes läßt sich eine Tiefenmigration mit gleichzeitiger Bestimmung der 3D-Intervallgeschwindigkeiten vornehmen.

3. Seismische Filterverfahren

Unter den seismischen Filterverfahren spielt das Dekonvolutionsverfahren immer noch die Hauptrolle. Die Dekonvolution hat zum Ziel, seismische Signale zu komprimieren, Kurzzeitmultiple zu löschen und eventuell sogar Langzeitmultiple zu unterdrücken. Folgende Erscheinungen können die Wirkungsweise der Dekonvolution beeinträchtigen:

1. Seismische Signale mit unbekanntem Phasenverhalten
2. Der additive farbige Noise
3. Instationarität der seismischen Signale und des Noise

Um die Wirkung des Dekonvolutionsprozesses zu verbessern, ist eine möglichst genaue Kenntnis der seismischen Signale erforderlich. Für ihre Schätzung wurden auf der SEG-Tagung folgende Möglichkeiten diskutiert: Extraktion des seismischen Signals mit Hilfe einer Amplitudenanalyse, mit Hilfe der Multiplen, mit Hilfe von Bohrlochdaten oder mit Hilfe der Aufzeichnung des seismischen Signals in der Umgebung der Signalquelle. Eine exakte Kenntnis des seismischen Signals erlaubt eine sichere und wirkungsvolle Durchführung der Dekonvolution. Dabei kann die Transformation eines gegebenen seismischen Signals auf ein gewünschtes Signal (z. B. Min-Delay-Signal) besonders wirkungsvoll mit Rekursivfiltern durchgeführt werden.

Es ist erstaunlich, daß die Schätzung des additiven Noise auf seismischen Spuren kaum diskutiert worden ist, obwohl sich bei Kenntnis des Noise ebenfalls viele Prozesse verbessern ließen.

Die Dekonvolutionsfilter können mit zwei Methoden berechnet werden. Erstens mit den Integral-Methoden und zweitens mit den Differenzen-Methoden.

a. Integral-Methoden

Hier werden die Dekonvolutionsoperatoren **nach** Berechnung der statistischen Eigenschaften der Zeitreihen berechnet. Hierzu gehören die klassischen Dekonvolutionsverfahren nach Wiener und Levinson.

Die Anwendung dieser Verfahren ist kritisch bei instationären seismischen Zeitreihen. Diese Tatsache hat in den letzten Jahren dazu geführt, daß nach neuen Dekonvolutionsverfahren Ausschau gehalten wird. Tatsächlich lassen sich einige in der Nachrichtentechnik bewährte Verfahren übernehmen.

b. Differenzen-Methoden

Bei den Differenzen-Methoden werden die Dekonvolutionsoperatoren von Sample zu Sample neu berechnet

use of **two one**-dimensional algorithms. This principle can be used for the design of two-dimensional filters, for 3D-residual statics and for the 3D-migration.

The 3D-migration, according to the modified summation principle (Kirchhoff migration), is known as a pretty time-intensive process on the computer.

The 3D-finite-difference migration is based on the splitting principle, i. e. on the alternating use of 2D-migration procedures and it was presented at the meeting for the first time with synthetic and field examples. This process is known for being considerably fast and economical on the computer.

The 3D-migration in the frequency domain, i. e. in the f_x, f_y, ω -domain, has (like the 2D-migration) the disadvantage that lateral velocity variations can only be incorporated with difficulty. Examples of the 3D-modelling in the frequency domain were presented at the meeting. This method is the fastest of all known 3D-migration procedures.

Further have to be mentioned the ray-tracing-migration methods which calculate the depth sections, starting from isochrone maps, through ray tracing and taking into account the refraction at layer boundaries.

A recently developed procedure is the following one: The isochrone maps for the various reflection horizons, as well as the traveltimes curves as a function of the shot-geophone distances are given. Now a depth migration with simultaneous determination of the layer velocities can be carried out.

3. Seismic Filtering

The most important filtering method is still the deconvolution procedure. The aim of the deconvolution process is to compress seismic signals, to remove short period multiples and eventually even to suppress longperiod multiples. The following items can negatively influence the deconvolution process:

1. Seismic signals with an unknown phase characteristic
2. The additive coloured noise
3. Nonstationary seismic signals and noise

To improve the deconvolution an utmost estimation of the seismic signals from the seismic data, possibly considering additional information, is necessary. At the SEG-meeting the following possibilities were discussed: Estimation of the seismic signal with the help of amplitude analyses, multiples, well data or of signal recording in the surroundings of the source. An exact knowledge of the seismic signal permits a definite efficient performance of the deconvolution, whereby the transformation of a given seismic signal into a desired signal (e. g. Min-Delay-Signal) can be performed very efficiently with recursive filters.

It is astonishing that the estimation of the additive noise on seismic traces has been hardly discussed, although the knowledge about noise would improve the efficiency of many procedures.

Depending on the different algorithms we can separate the deconvolution processes into two groups

- a) Integral Methods
- b) Difference Methods

a) Integral Methods

Here the deconvolution operators are computed **after** the estimation of the statistical properties of the time se-

und entsprechend den statistischen Eigenschaften der seismischen Zeitreihen verändert. In diesen Bereich fallen die Dekonvolutionsverfahren mit Hilfe des Kalman-Filters. Diese Dekonvolutionsverfahren setzen mehr Vorinformation (z. B. statistische Eigenschaften des Noise) voraus, als dies beim Wiener-Filter der Fall ist. Die Verfahren nach den Differenzen-Methoden arbeiten besonders dann wirkungsvoll, wenn man die statistischen Eigenschaften des Signals und des Noise (eventuell sogar zeitabhängig) bestimmen kann. Sie haben sich besonders in der Regelungstechnik (Control-Theory) und bei der Navigation bewährt.

Es ist zu erwarten, daß diese Verfahren wegen der notwendigen Vorinformationen als Spezialdekonvolutionsprozesse, nicht aber als Standardprozesse eingesetzt werden.

Die adaptiven Filter sind ähnlich wie die Kalman-Filter konstruiert und lassen sich aus diesen ableiten.

4. Extraktion geophysikalischer Parameter

Grundsätzlich kann man die seismischen Bearbeitungsverfahren in bezug auf die Zielsetzung in zwei Gruppen einteilen.

- a) Strukturerkennung nach dem geologischen Aufbau
- b) Strukturdeutung nach physikalischen Eigenschaften

Sicher stehen die Verfahren der Strukturerkennung immer noch im Vordergrund, aber die Verfahren zur Strukturdeutung werden immer häufiger auf Tagungen der Explorationsgeophysik diskutiert.

Bei den Verfahren der Strukturdeutung ist man bestrebt, die wahren Amplituden so wenig wie möglich durch das seismische Processing zu verändern.

Der wichtigste geophysikalische Parameter ist die Geschwindigkeit. Die Bestimmung der Grobgeschwindigkeit in Form der Stapelgeschwindigkeit oder der RMS-Geschwindigkeit ist ein sehr wichtiger seismischer Prozeß und wurde auch auf dieser Tagung durch neue Methoden dargestellt.

Die Bestimmung der Feinstruktur der Geschwindigkeit (synthetische Geschwindigkeits-Logs) hat in den letzten Jahren große Beachtung gefunden. Ein neues Verfahren wurde vorgetragen: Bei dieser neuen Methode der Inversion geht es darum, aus einer gemessenen seismischen Zeitreihe mit Hilfe des seismischen Signals und unter Einbeziehung der primären und der multiplen Reflexionen die akustische Impedanz zu schätzen.

Ein weiterer wesentlicher Parameter ist die Absorption. Die Absorption seismischer Wellen soll aus feldseismischen und bohrlochseismischen Messungen geschätzt und als lithologischer Parameter quantitativ genutzt werden.

Auf der Tagung wurde ein Einspurverfahren zur Erzeugung von synthetischen Seismogrammen unter Berücksichtigung der Absorption vorgestellt.

Ein Mehrspurverfahren zur Erzeugung von Seismogrammsektionen unter Einbeziehung der Absorption wurde mit Hilfe der Finite-Difference-Methode erläutert.

Schließlich wurde über ein Verfahren zur Extraktion der Absorption vorgetragen, das die Signaländerung bei Bohrlochdaten aus verschiedener Tiefe (VSP) als Absorptionseinfluß deutet.

ries. The classical deconvolution process according to Wiener-Levinson belongs to this group. The use of this method is critical in the case of non-stationary seismic time series. As a consequence, the research for new deconvolution methods has been accelerated in the last few years. In fact, some approved processes can be taken over from communication theory.

B) Difference Methods

Applying the difference methods the deconvolution operators are computed for every sample and are updated according to the statistical properties of the seismic time series. The deconvolution methods, based on the Kalman filters, belong to this group. These deconvolution methods need more pre-information (e. g. statistical properties of noise) than when applying the Wiener filter. The difference methods work especially efficiently when the statistical properties of signal and noise (eventually even time-dependent) can be estimated. They are proven especially in control theory and in navigation.

Because of the necessity for pre-information it can be expected that the difference methods will be used more as a special deconvolution process than as a standard process.

The adaptive filters are similar to the Kalman filters and can be derived from these.

4. Extraction of Geophysical Parameters

Generally, the seismic processing systems can be divided, according to their aims, into two groups:

- a) Structure recognition referring to geological configuration
- b) Structure interpretation referring to physical properties

Of course, the methods of structure recognition are still placed in the foreground but the methods for structure interpretation are discussed more and more at meetings of exploration geophysicists.

The method for structure interpretation assumes that the real amplitudes have been changed as little as possible by seismic processing. The most important geophysical parameter is the velocity. The determination of the raw velocity as stack velocity or RMS-velocity is a very important process and was also demonstrated at the meeting with new methods.

The determination of the fine structure of velocity (synthetic velocity logs) was improved by means of a new method. This new method of inversion deals with the estimation of the acoustic impedance from a measured seismic time series, taking into account the primaries, the multiples and the seismic signal.

A further important factor is the absorption. The estimation of the absorption from field data and well-data measurements shall be used quantitatively as lithological parameter.

At the meeting a one-channel method for the computation of synthetic seismograms taking into account the absorption was presented. A multichannel method for the computation of synthetic seismogram sections including absorption was demonstrated with the help of the finite-difference-method.

Finally, a method was presented in which the estimation of the absorption was performed using the alteration of signals from VSP well-data from various depths.

Die Vorträge unserer Mitarbeiter

Unsere Mitarbeiter hielten sechs Vorträge, deren Abstracts wir hier veröffentlichen:

The Papers of our Staff Members

Our staff members presented six papers of which we now publish the abstracts:

H. A. K. Edelmann, J. H. Peacock, and H. Werner

RESULTS FROM VIBROSEIS SURVEYS USING SOPHISTICATED SWEEP SIGNALS

Bei der Anwendung kodierter Sweep-Signale für VIBROSEIS kommen komplementäre orthogonale Codes zur Anwendung, wobei jeder Code sich aus einer Folge von Up-Sweeps und Down-Sweeps zusammensetzt. Diese Codes werden nacheinander ausgestrahlt und bei der Korrelation summiert. Das Verfahren erlaubt es, das Auflösungsvermögen der VIBROSEIS-Messungen zu verbessern, wobei ausgefeilte Signale zur Anwendung kommen. Das Grundprinzip der Kodierungstheorie, wie es zuerst auf der SEG Tagung in Calgary dargestellt wurde, wird beschrieben. Das Verfahren wird in der Praxis an den üblichen Vibratoren unter Verwendung eines quaternären Codes erprobt. Es werden Ergebnisse von Messungen, die nach diesem Verfahren gewonnen wurden, gezeigt. Abschließend wird die Technik der vorverzerrten Signale dargestellt. Diese Technik erlaubt weitere Verbesserungen der Auflösung auf der Grundlage der Glättung des Powerspektrums der registrierten Signale.

This application of encoding theory to Vibroseis employs complementary orthogonal codes with each code being an ordered sequence of both upsweeps and downsweeps. The sequential transmission of two complementary codes is followed by the correlation detection of each of the codes and then their vertical summation. As well as greatly enhancing the resolution of the Vibroseis system, this technique permits the implementation of sophisticated signal design. We reaffirm the basic principles of encoding theory first propounded at the SEG in Calgary. This is followed by an examination of the practical implementation of the technique on a commercial vibrator system utilizing quaternary codes. Examples of sections shot using the encoding principle are presented. To conclude, the recently developed technique of predistortion is introduced. This permits further improvement on the resolution of the system to be sustained through control imposed on the spectrum of the detected signals, particularly in the region of the Fresnel ripples and on the skirts of the spectrum.

W. Houba*, D. Ristow, and H. Rist

3-D DATA PROCESSING – ORGANIZATION AND MIGRATION

Gebiete komplexer Geologie werden häufig mit dreidimensionalen Methoden der Reflexionseismik bearbeitet. Die Fülle der dabei anfallenden Daten erfordert hoch entwickelte Bearbeitungsprozesse in bezug auf die Erhaltung der Amplituden und der höheren Frequenzen. Wir stellen ein umfassendes Bearbeitungssystem für 3-D Daten vor, welches eine große Flexibilität für die Anwendung bietet. Die Daten beliebiger Feldtechniken können gleichermaßen in jedem Bearbeitungsschritt behandelt werden.

Vor dem Stapelprozeß werden in einem Aufdatierungsverfahren iterativ über die gesamte Fläche die reststatischen Korrekturen für Schuß und Geophon ermittelt.

Unabhängig von der durchgeführten Datenorganisation können Stapelsektionen in jeder beliebigen Richtung erstellt werden. Die zur Stapelung ausgewählten seismischen Spuren werden innerhalb definierter Einflußbereiche auf äquidistante Positionen entlang der Bearbeitungslinie zusammengezogen. Geologische Informationen, wie z. B. die Richtung des Streichens, können dabei durch Anbringung von Gewichtungsfunktionen berücksichtigt werden.

Den abschließenden Prozeß der dreidimensionalen Datenverarbeitung bildet die 3D-Wellengleichungsmigration, durchgeführt entweder nach dem Kirchhoff- oder dem Finite Difference Verfahren. Die Möglichkeiten und Grenzen beider Näherungsmethoden werden diskutiert hinsichtlich ihrer Genauigkeit und ihres Aufwandes. Bei der Kirchhoff-Migration ist das Problem einer endlichen Apertur äquivalent dem Problem der Apodisation in der Optik. Die 3D-Finite Difference Migration wird durchgeführt, indem die partielle Differentialgleichung mit drei räumlichen Variablen aufgespalten wird in zwei Gleichungen mit je zwei räumlichen Variablen.

Areas of complex geology are often tackled by 3-D surveys in reflection seismics. The abundance of data requires sophisticated processing procedures with respect to preservation of amplitudes and higher frequencies. We present a comprehensive processing system for 3-D data offering high flexibility of application. Data of any field technique may be handled equally as well in each processing step.

Prior to stacking surface-consistent residual statics will be estimated by an updating procedure in an automated iterative manner over the areal distribution of seismic traces. Independent of the preselected data organization, stacked sections can be produced in any direction. The seismic traces contributing to the stack are grouped into specified gathers which relate to equally spaced positions along the processing line. Additional weighting functions may take care of geological information such as strike and dip direction.

The final process in the 3-D data processing sequence is the 3-D wave equation migration, realized by the Kirchhoff approach or the finite difference approach. The use and limitations of both approaches will be discussed with respect to accuracy and computing time. With the Kirchhoff-migration, the problem of a finite aperture is equivalent to the problem of apodization in optics. The 3-D finite difference migration is realized by splitting the partial-differential equation with three spatial variables into two equations with two spatial variables.

Th. Krey

RECONCILING THE DEMANDS OF 3-D SEISMICS WITH THOSE OF IMPROVED RESOLUTION (A RESEARCH PROGRAM IN THE RUHR COAL MINING AREA)

Im westlichen Ruhrkohlen-Revier liegen komplizierte tektonische Verhältnisse vor. Nordöstlich streichende variskische Falten werden in verschiedenen Richtungen durch – hauptsächlich mesozoische – Störungen zerschnitten. Aus dem Grunde sind hier 3D-seismische Vermessungen besonders wünschenswert. Im Jahre 1975 wurde mit einem Forschungsprogramm begonnen, dem 6fache Überdeckung für ein quadratisches 50 x 50 m-Netz von Datenpunkten (Reflexionspunkten im Untergrund bei söhlicher Lagerung) zugrunde gelegt wurde. Die einzelnen gestapelten Profile lieferten ziemlich genaue Informationen bis hinab zur Oberkante des flözführenden Karbons, wobei Nutzfrequenzen bis zu 100 Hz vorhanden waren. Nach der 3D-Migration waren die Nutzfrequenzen indessen auf weniger als 60 Hz beschränkt, was auf die Weitmaschigkeit des Datenpunktnetzes zurückzuführen ist. Auf der anderen Seite wurde die Löschung von solchen

The complicated tectonics in the western Ruhr coalfield where north-easterly trending Variscian folding is criss-crossed by younger, mainly mesozoic faulting, makes 3D-seismic surveys highly desirable. Therefore a research program was started in 1975 with 6-fold coverage and a square grid of data points, 50 m being the length of a side. The individual stacked lines provided rather precise information down to the top of the coal measures with frequencies up to 100 Hz. However, useful results of 3D-migration were confined to frequencies of less than 60 Hz, due to the wide grid of data points. On the other hand the cancellation of surface multiples and other kinds of noise was highly improved by 3D-migration. Therefore, in a later survey the 6 common data points were scattered over a 50 m x 50 m square by letting the shotpoint distances deviate from integral multiples of the geophone-station distances.

multiplen Reflexionen, bei denen die Erdoberfläche als reflektierender Horizont mitwirkt, und die Abschwächung von anderen Störwellen durch die 3D-Migration sehr verbessert. Daher wurden bei einer späteren Untersuchung die 6 zusammenfallenden Datenpunkte – auch Untergrundpunkte genannt – über ein 50 x 50 m Quadrat verstreut, und zwar dadurch, daß man die Schußpunktabstände nicht als ganzzahlige Vielfache der Abstände der Geophonstationen wählte.

Dieser Gedanke führte, zusammen mit einigen zusätzlichen Abänderungen, zu einem quadratischen Gitternetz von Datenpunkten mit der Seitenlänge 12,5 m, wobei aber die Überdeckung der einzelnen Datenpunkte im Durchschnitt weniger als zweifach war. Auf diesem Wege wurde die Alias-Wellenzahl erheblich reduziert, ohne daß die Kosten zu stark angehoben wurden.

Mit dieser und ähnlichen neuen Feldgeometrien wird auch die Häufigkeitsverteilung der Schuß-Geophonabstände innerhalb des Kohärenzbereiches des Migrationsprozesses (1. Fresnel-Zone) günstig genug, um eine wirkungsvolle Abschwächung von Oberflächen- und internen multiplen Reflexionen für ein breites Frequenzband zu garantieren. Ebenso können anderen Arten von Störwellen durch die im Felde angewandte Methode abgeschwächt werden. Zum Beispiel können Ghost-Reflexionen in ihrer Amplitude stark abgeschwächt werden, wenn man für eine günstige Verteilung der Schußiefen innerhalb des erwähnten Kohärenzbereiches sorgt. Schnitte, die bei einer vor kurzem flächenmäßig aufgenommenen seismischen Vermessung nach Anwendung von 3D-Migration gewonnen wurden, zeigen

This, together with some additional changes, resulted in a square grid of 12.5 m x 12.5 m. But now the coverage of the individual point was less than twofold on an average. Thus, the alias wave number was reduced appreciably without raising the expenditures too much.

With this and similar new field geometries the frequency distribution of shot-geophone distances within the coherence area of the migration process (first Fresnel zone) also becomes favourable enough to grant an efficient attenuation of surface and other multiple reflections for a broad band of frequencies. Also other kinds of noise can be reduced by the field methods applied. For instance ghosting can be minimized by having a favourable distribution of shot depths in the coherence area. 3D migrated sections from a recent areal seismic survey reveal the progress achieved as to resolution, especially as to the detection of faults.

deutlich den Fortschritt, der in bezug auf Auflösung und insbesondere in bezug auf die Entdeckung von Störungen mit relativ geringem Sprung, erreicht worden ist.

R. Marschall

DERIVATION OF TWO-SIDED RECURSIVE FILTERS WITH SEISMIC APPLICATIONS

Ein Algorithmus zur Bestimmung von effizienten zweiseitigen Rekursivfiltern zur Approximation vorgegebener unendlich langer Filteroperatoren wird beschrieben.

Beispiele für bekannte unendlich lange Filteroperatoren im Zeitbereich sind z. B. Differentiationsfilter oder Hilbert-Transformationsfilter. Der Algorithmus basiert auf einer gestaffelten Anwendung der Methode der kleinsten Fehlerquadrate, wobei als Zusatzbedingung eine Gewichtsmatrix auftritt und ergibt im allgemeinen Filteroperatoren mit Vorwärts- und Rückwärtsrekursion.

Anwendungsbeispiele in der Seismik sind Differentiation, Integration, Migration, Fächerfilter usw.

An algorithm is described to obtain efficient two-sided recursive (TSR) filters for a pregiven infinitely long impulse response.

Examples for known infinitely long time domain impulse responses are for instance differentiation filters or Hilbert-transform-filters. The algorithm is based on a cascaded two stage least squares technique incorporating a constraint matrix and results in filter operators including in general forward recursion and backward recursion.

Examples of seismic applications are the processes of differentiation, integration, migration, fanfilter etc.

E. Meixner

3-D DETERMINATION OF INTERVAL VELOCITIES

Bei der Suche nach energiehöffigen Lagerstätten muß man die Geschwindigkeiten der Untergrundschichten kennen, um geologische Grenzflächen richtig darstellen zu können.

Da, wo Geschwindigkeitsmessungen aus Tiefbohrungen fehlen, benutzt man bislang zur Berechnung der Intervallgeschwindigkeit die von Dix entwickelte Formel.

Es wird ein neues Verfahren zur Bestimmung der Intervallgeschwindigkeit vorgestellt, das bessere Resultate liefert und das auch allgemein anwendbar ist.

Dieses Verfahren vergleicht Laufzeitkurven der Feldbeobachtung mit Modell-Laufzeitkurven.

Durch wiederholte Verbesserung der Intervallgeschwindigkeit und anschließende Neuberechnung der Modell-Laufzeitkurve erreicht man schließlich weitgehende Übereinstimmung zwischen Feldbeobachtung und Modell-Laufzeitkurve. Damit ist die Intervallgeschwindigkeit eines Schichtpaketes bestimmt.

In the search for hydrocarbon deposits velocities of subsurface layers must be known in order to be able to display geological interfaces correctly.

Where velocity surveys from deep wells are not available, we hitherto used the Dix formula for the computation of interval velocities.

A new procedure for the determination of interval velocities is outlined here which yields better results and which is also generally applicable.

The new procedure is called the "iterative method for the determination of interval velocity".

Dieses neue Verfahren erhielt den Namen „iterative Methode zur Bestimmung der Intervallgeschwindigkeit“.

F. K. Sender

NAVIGATION AND DATA PROCESSING SYSTEMS FOR SMALL GEOPHYSICAL SHIPS

Untersucht werden die zur Verwirklichung einer Echtzeitnavigation und Datenverarbeitung notwendigen Voraussetzungen, wie sie für kleinere Geophysikschiffe bei der Flachwasserseismik zu erfüllen sind.

Lösungsmöglichkeiten mit unterschiedlichen Rechnerkonfigurationen, wie Tischrechner, unterschiedliche Mikroprozessorversionen und Kleinrechner werden analysiert. Die Verwirklichung eines Systems mit einem leistungsfähigen Mikrocomputer mit geeigneter Peripherie unter Verwendung einer höheren Programmiersprache wird ausführlich beschrieben.

Investigating the tasks necessary for real time navigation and data processing, this paper describes a system for small geophysical research vessels in use in shallow water exploration. Possible solutions with various types of available desk calculators, microprocessors of different size and minicomputers are considered. The realization of a system with a modern powerful microcomputer and convenient peripheral equipment using a high level software language is detailed.

Herr Prof. Dr. L. Dresen hat uns gebeten, die Zusammenfassung seines auf der SEG in San Francisco gehaltenen Vortrages hier zu veröffentlichen. Wir kommen diesem Wunsche gerne nach. Bei Anforderungen des Gesamttextes bitten wir unsere Leser, sich direkt an das Institut für Geophysik der Ruhr-Universität, Bochum, zu wenden.

Prof. Dr. L. Dresen asked us, to publish in our Report the abstract of the paper which he read at the SEG-Meeting. We readily comply with his wish. If our readers desire the whole text, please address the request to the "Institut für Geophysik", Ruhr-Universität, Bochum.

L. Dresen and G. Ullrich

ON THE REFLECTIVITY OF CYCLICALLY LAYERED COAL DEPOSITS – STUDIES BY MEANS OF TWO-DIMENSIONAL MODELS.

Steinkohlenlagerstätten in Europa sind durch den zyklischen Wechsel von Kohle und Nebengestein geprägt. Die abbauwürdigen Kohleflöze machen – mit Mächtigkeiten zwischen 0.5 und 3 m – etwa 1/40 bis 1/60 der Wellenlängen aus, die bei der seismischen Exploration vorwiegend erzeugt werden. Innerhalb einer Wellenlänge können bis zu 10 dieser Kohleflöze abgelagert sein. Der Geschwindigkeits- und Dichtekontrast zwischen Kohle und Nebengestein liegt bei etwa 1 : 2, daher treten häufig Reflexionskoeffizienten von ± 0.5 auf. Die tektonische Vergangenheit – insbesondere des Ruhrgebietes – hat eine starke Falten- und Bruchtektonik hinterlassen. Wegen dieser geologischen Eigenschaften kann der vollmechanisierte Kohleabbau nur dann wirtschaftlich sein, wenn man zuvor die Struktur von Kohlefeldern mit seismischen Methoden lückenlos darstellen kann.

Um mit seismischen Sektionen aus dem zyklisch geschichteten und tektonisch gestörten Steinkohlenegebirge vertraut zu werden, sind die folgenden Typen 2-dimensionaler Modelle untersucht worden: Einzelflöz, Flözfolge bei horizontaler Schichtung ohne/mit bankrechter Verwerfung, Flözfolge bei geneigter Schichtung mit Verwerfungen (antithetisch verkippter Staffelbruch, Überschiebung), gefaltete Flözfolgen mit Verwerfungen nach einem aktuellen Feldfall.

Die Messungen zeigen, daß Strukturen, die mehr als ca. 3 Flöze enthalten, durch relativ wenige seismische Ereignisse gekennzeichnet sind – verglichen mit der Zahl der beteiligten Schichtgrenzen. Die Ereignisse sind Interferenzsignale, gebildet aus Primär- und Multipelreflexionen. Folglich kann man im tektonisch ungestörten Fall keine Details der Schichtung zwischen Ober- und Unterkante bestimmen. Auch die Ansprache von Verwerfungen im tektonisch gestörten Fall ist problematisch: die Störungen der Schichtung verursachen generell keine einheitlichen Vorsätze der seismischen Horizonte, dagegen können durch diskordante Lagerungen Störungen auftreten wie bei einer Verwerfung. Schließlich können durch Verwerfungen und diskordante Lagerungen vorhandene Faltungsstrukturen verdeckt werden.

Die Bearbeitung der modellseismischen Daten ist darauf angelegt, die Einflüsse von Faltung, Verwerfung und Diskordanz zu entflechten. Dazu wurden die folgenden Verfahren der Migration und Dekonvolution getestet: Prädiktive Dekonvolution, Maximum Entropy Method (MEM) D., Homomorphe D., Adaptive D., Dynamic Predictive D., 15° und 45° Finite Difference Migration und w-k-Migration. Die Ergebnisse zeigen, daß die Ansprache der Modellstrukturen durch den Vergleich unterschiedlich bearbeiteter Sektionen verbessert werden kann.

Coal deposits in Europe are strongly determined by a cyclical change of rock and coal. The coal seams usually having thicknesses from 0.5 through 3 m, only amount to 1/40 through 1/60 of the wavelength used for seismic exploration. Up to 10 coal seams can exist within the range of a wavelength. In addition, the velocity and density (contrast between rock and coal) is expected from 2 through 3 so that reflection coefficients of ± 0.5 are common. Due to the tectonic history – especially of the Ruhr district (Federal Republic of Germany) – this cyclically layered carboniferous rock is frequently folded and faulted. Because of these geological properties a mechanized coal mining is economically feasible only if seismic reconnaissance surveys delineate the structure of the coal field.

To become familiar with seismic sections derived from folded and faulted cyclically layered rock studies of two-dimensional models have been carried out. The following types of models have been investigated: a single coal seam, sequences of horizontally layered coal seams without/with a vertical fault, sequences of obliquely dipping coal seams with faults (these represent a step fault structure having against the dip and an overthrust structure respectively), and a model of a folded and faulted cyclically layered structure representing a case history.

The records reveal that a structure containing more than three coal seams leads to a number of significant seismic events smaller than the number of coal seams. Each event is composed of interfering primary and multiple reflections. Thus in the case of a nonfolded and nonfaulted area it is impossible to delineate structural details within top and bottom layers of the structure. In addition faults do not in general produce distinct changes of the events lining up across a section. Yet discordant layering may lead to effects in a seismic section usually being expected for indicating faults. Finally both faulting and discordant layering partly mask the folding of the structure.

Processing the data derived from the models was aimed to disentangle the influences of discordancy, folding and faulting on the records. The following methods of deconvolution and migration were tested: predictive deconvolution, maximum entropy method (MEM), homomorphic d , adaptive signal processing, dynamic predictive d , 15 and 45 degree finite-difference migration, and $w - k$ migration. So far the results reveal that applying a single method of processing cannot satisfactorily reestablish the original structure.

Verschiedenes

Steuerhinweise für unsere Mitarbeiter Eintragung von Freibeträgen auf der Lohnsteuerkarte

H. M. Böttcher

1. Die Eintragung eines Freibetrages auf der Lohnsteuerkarte bewirkt eine Verminderung der monatlichen Steuerabzüge. Die sonst im Veranlagungsverfahren (Lohnsteuerjahresausgleich oder Einkommensteueranmeldung) sich ergebenden Erstattungen fließen dadurch dem Arbeitnehmer bereits im Laufe des Jahres monatlich zu. Die Eintragung eines Freibetrages ist mittels eines Antrags auf Lohnsteuer-Ermäßigung (Formulare bei Ihrem Finanzamt oder in unserer Personal-

buchhaltung) beim Finanzamt, das für den Wohnsitz zuständig ist, zu beantragen, für Werbungskosten, Sonderausgaben (ohne Vorsorgeaufwendungen) und außergewöhnliche Belastungen nur, wenn ein Mindestbetrag von 1.800,- pro Jahr überschritten wird. Erhöhte Absetzungen nach § 7b EStG für Einfamilien- und Zweifamilienhäuser sowie Eigentumswohnungen können in jedem Fall als Freibetrag auf der Lohnsteuerkarte eingetragen werden.

2. Besondere Bedeutung hat die Eintragung eines Freibetrages auf der Lohnsteuerkarte bei Auslandseinsätzen, für die eine Befreiung von der deutschen Lohnsteuer wirksam wird. Nach Tz. 8.2.1. der zum Arbeitsvertrag gehörenden Bedingungen für den Einsatz im Aus-

land wird firmenintern ein Betrag in Höhe der deutschen Lohn- und Kirchensteuer von den Bezügen in Deutschland einbehalten, der mit den Personalsteuerzahlungen für den Arbeitnehmer im Ausland später verrechnet wird. Grundlage für die Höhe der einbehaltenen Steuern in Deutschland sind die Angaben auf der Lohnsteuerkarte. Die Verminderung der Einbehaltsbeträge durch die Eintragung eines Freibetrages auf der Lohnsteuerkarte wirkt sich stets dann aus, wenn die Steuerzahlungen im Ausland die Summe der einbehaltenen

Beträge übersteigen. Die im Ausland zu zahlenden Personalsteuern, die die Summe der Steuereinhaltsbeträge übersteigen, werden von der PRAKLA-SEISMOS getragen. Die Personalsteuerbelastungen sind in den letzten Jahren im Ausland, insbesondere in den Entwicklungsländern, erheblich gestiegen und werden in Zukunft auch noch weiter ansteigen. Die Eintragung eines Freibetrages auf der Lohnsteuerkarte ist deshalb für unsere Mitarbeiter eine Möglichkeit, ihre effektive Steuerbelastung zu vermindern.

Fundgrube

Christiane Most

„PRAKLA-SEISMOS – was ist das?“ Diese Frage werden die meisten von uns bestimmt schon oft gehört haben. Auch unter dem Begriff „Lagerstättenforschung“ können sich viele nichts Konkretes vorstellen. Nur so ist es eigentlich zu erklären, daß der Name PRAKLA-SEISMOS – auch bei Mitarbeitern und Bewerbern – in allen möglichen Variationen auftaucht.

In den letzten Jahren haben wir viele Briefe erhalten, die zeigen, daß man den Namen PRAKLA-SEISMOS auch anders schreiben kann. Wenn wir uns die Liste der im folgenden angeführten „Möglichkeiten“ ansehen, so werden die Schwierigkeiten verständlich, die sich ergeben, wenn es gilt, einem Gesprächspartner am Telefon den Firmennamen richtig durchzugeben. Da hilft nur noch nacktes Buchstabieren, doch auch das hat nicht immer Erfolg, wie die Erfahrung lehrt.

Nachstehend einige Beispiele über die Ver(un)zierung unseres Firmennamens:

Prackler-Salzmoss
Prakla-Seifenhaus
Prakla-Seismos, z. H. Frau Brigitta Elwerath
Prakla-Zeithmos
Firma Fizemos
Herrn Seismos Prakla
Prakla-Weißbos
Brahle-Seismos
Pratler-Zeismuß
Prakla-Seismos GmbH, z. H. Herrn Glückauf
Praker & Seismos
Prana-Athletik GmbH
Seismos-Brakla
Seismos Prakla
Brele-Setzmuss
Frau Paula Geomechani
Seismographen & Parker-Geomechanik GmbH

Sie sehen, was man mit einem „soo einfachen“ Namen wie PRAKLA-SEISMOS alles machen kann.

Nachwort der Redaktion

Wir haben die Briefumschläge mit diesen wunderschönen Namen alle gesehen! Sie sind keine Erfindung unserer Chefsekretärin Frau Most. Wir bezeugen es! Wir wissen, daß unsere in fernen Ländern eingesetzten Mitarbeiter ähnliche Lieder singen können. Wer hat nicht schon wider besseres Wissen den eigenen Standort am Telefon mit „Prakla-Seismoos“, „Prakala-Sessemoss“ oder ähnlichen Verballhornungen kundgetan, nur um

sicherzugehen, daß beim Gesprächspartner der Groschen fiel und die Einordnung gelang? Und welcher Truppführer kennt ihn nicht, den Bewerber bei Einstellungsgesprächen, der ihn solange hartnäckig und allen Einwänden zum Trotz mit Mister oder Monsieur Prakla tituliert, bis auch seine langgedienten Mitarbeiter diese Anrede feixend gebrauchen?

Stilblüten

Christiane Most

Übrigens, wußten Sie schon, daß man „Schoierkarte“ (übersetzt: Steuerkarte) auch so schreiben kann? So gesehen in dem Schreiben eines Mitarbeiters.

Oder: „Ich frage wegen die Stelle als Löchnerin (Locherin). Es handelt sich hier nicht etwa um eine Ausländerin.“

Anruf eines Bewerbers: „Ach, dann geben Sie mich doch mal den Sachbearbeiter Trappe“.

Die drei folgenden originalgetreu wiedergegebenen Bewerbungen sind tatsächlich bei uns eingegangen:

1. „Ich möchte malan fragen ob ihr noch welche ein telltutn wen ier noch welche einstelltun möchten siemir bescheid geben die sind dicht beiunß an Arbeiten.“

2. „Ich danke mich für Ihrer nachricht und das Sie mihr geschriben haben Sie schreiben blos das ich mich vorstellen solte aber ob wir anfangen solten wir sind mit 2 Mann und ich habe Kl. 3 und selbs ein Pekawe ich bin 45 Jahre und mein Kolege ist 21 oder 22 Jahre ohne Führerschein wir solten ja blos wissen ob wir anfangen können und was wir in der Stundenlohn und Auslösung das wollten wir blos wissen jetzt geben Sie uns eben nachricht was los ist denn wenn wir erst ganz nach Hannover hin fahren solten das lond den ja nicht.“

3. (Auszug aus einer Bewerbung)

„Als Senkrechtstarter ohne Selbstüberschätzung und mit gesundem Verstand für alles Reale und ohne Aufgabe der eigenen Person falle ich immer wieder auf die Füße. Mein neuer Start soll Ende Mai/Anfang April beginnen, zwei Jahre später sattelfest sein und acht Jahre später einer Führungsposition in größerem Umfang entsprechen. Wie schon gesagt, der Anfang ist egal, Hacke und Schaufel wären auch kein Hindernis.“

Anm. d. Red.: die Firma ist diesem Angebot nicht nähergetreten, um die Position unserer Führungskräfte nicht zu gefährden.

47° Celsius in der Sonne!

Dr. R. Köhler

Das vergangene Spätherbst-Wochenende war zwar kühl gewesen, aber es hatte auch oft die Sonne geschienen, ein Wetter also, das man normalerweise als schönes Herbstwetter bezeichnen würde.

Am darauffolgenden Montagmorgen wurde ich Zeuge folgenden Gespräches: „Mensch, war das gestern warm! Bei uns im Garten hatten wir 47° in der Sonne!“ „Das gibt's doch gar nicht! Bei mir im Garten hatten wir gestern genau 27° in der Sonne! Du hast wohl nicht richtig hingeguckt!“

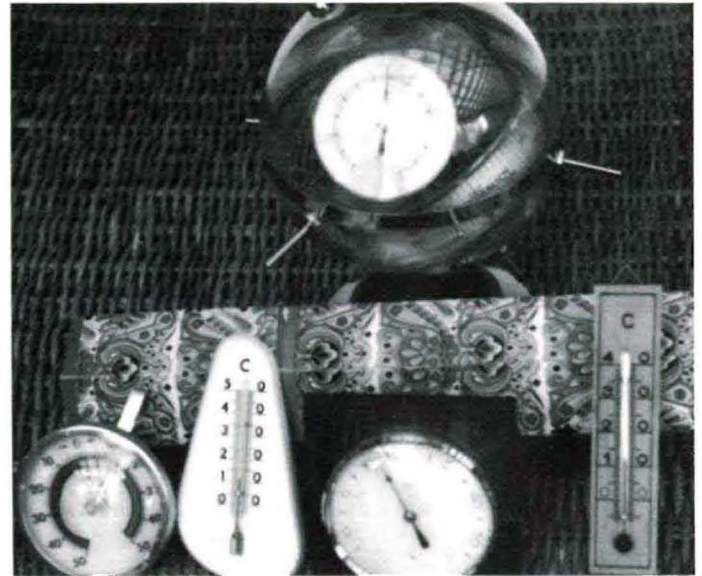
Wie sich die beiden schließlich auseinandergesetzt haben, weiß ich nicht. Ich hatte aber wieder einmal feststellen müssen, daß es in unseren aufgeklärten Zeiten immer noch Menschen gibt, die Temperaturen in der Sonne messen, obwohl das ein ausgesprochener Blödsinn ist. Dieser „uninformierte“ Personenkreis ist erstaunlich groß, und weil wir eine Firma sind, die Geophysik verkauft, wobei ich hier die Hauptbetonung auf **Physik** legen möchte, will ich nun versuchen, wenigstens bei uns diesen Personenkreis verkleinern zu helfen.

Alle, die in der Schule aufgepaßt haben, wissen sich zu erinnern, daß die Temperatur eine Grundgröße ist, die durch das bekannte temperaturabhängige Verhalten eines physikalischen Systems gemessen wird, z. B. durch die Ausdehnung einer Flüssigkeitssäule, durch die Biegung eines Bimetallstreifens, durch die Änderung des elektrischen Widerstandes usw. Wenn man aber ein Thermometer der Sonne aussetzt, dann mißt man keine Temperatur, sondern die **Wärmekapazität** des physikalischen Systems, das dieses Thermometer darstellt.

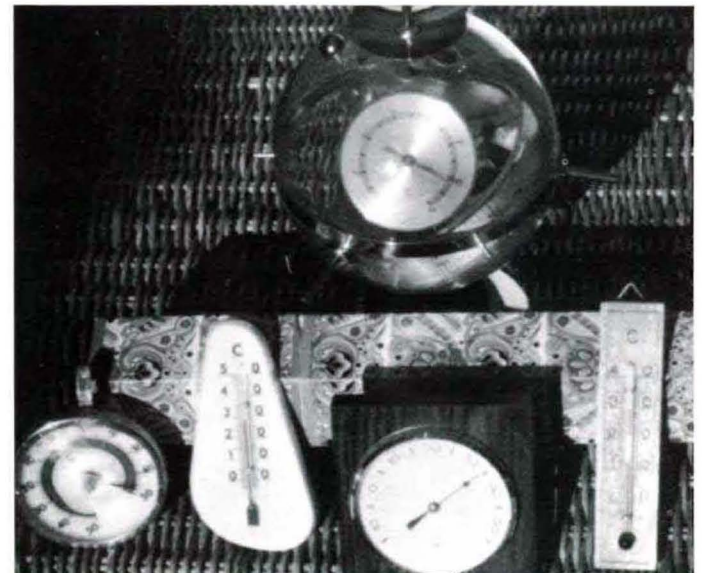
Die Wärmekapazität ist nun keine physikalische Grundgröße, sondern ein Verhältnis und zwar $\Delta Q/\Delta T$, in unserem Beispiel die **Wärmemenge**, die dem physikalischen System Thermometer zugeführt wird, dividiert durch die dabei sich ergebende **Temperaturerhöhung**. Das klingt zwar alles ein bißchen kompliziert, ist aber sicher verständlicher wenn man bedenkt, daß es im Handel fast unendlich viele verschiedene Arten von Thermometern gibt, die aus den verschiedensten Werkstoffen gebaut sind. Jeder weiß, daß Metalle die Wärme sehr viel schneller und mehr von ihr aufnehmen, als z. B. Holz. Ein Metallthermometer wird also in der Sonne eine sehr viel höhere „Temperatur“ anzeigen, als ein Thermometer, dessen Gehäuse aus Holz gebaut ist.

Messe ich aber die Temperatur im Schatten, spielt das Material, aus dem das Thermometer gebaut ist, überhaupt keine Rolle. Die im Handel erhältlichen Thermometer sind natürlich keine Präzisionsinstrumente, und ihre Werte werden immer ein bißchen voneinander abweichen. Um zu sehen, wie groß diese Abweichung ist, habe ich alle Thermometer im Hause eingesammelt und an einem Spätherbsttage, an dem die Sonne schien, die aber zeitweilig immer wieder von Wolken verdeckt wurde, auf einem Tischchen auf der Terrasse schön nebeneinander aufgebaut.

Zum Teil lassen sich die Temperaturwerte wegen der Spiegelung nicht gut erkennen, aber wenn man genau hinsieht, liest man folgendes ab:



Thermometer im Schatten 14°
13°, 12°, 13°, 12,5°



Thermometer in der Sonne 41°
47°, 27°, 35°, 30°

Das ergibt bei der Messung im Schatten eine Variationsbreite von 2°, bei der „Messung“ in der Sonne eine Variationsbreite von 20° und zwischen beiden Messungen eine absolute Differenz von 35° – und das alles an derselben Stelle innerhalb weniger Minuten! Daß hier etwas nicht stimmen kann, sieht nun auch wohl ein Blinder.

Ich habe das Experiment einige Male wiederholt (dies hat mich einen halben Farbfilm gekostet) und erwartungsgemäß keine Abweichungen in den entsprechenden Ergebnissen gefunden. Damit ist klar erwiesen, daß die Messung der Temperatur in der Sonne absoluter Unsinn ist, aber dafür hätte es bei Gott nicht dieses Experimentes bedurft.

Ich habe mich immer wieder gewundert, wie oft mir sogar Leute, die es wahrlich hätten besser wissen müssen, von Temperaturen in der Sonne erzählt haben, und deshalb wollte ich schon seit langer Zeit dieses Artikelchen schreiben. Daß ich es nun endlich tun konnte, hat mich sehr erleichtert.

Join us in Hamburg 1979



Congress Center Hamburg West Germany
29th May - 1st June 1979
41st Meeting of the
European Association of
Exploration Geophysicists



Dr. W. Kolb 80 Jahre

Im Report 4/78 hatten wir wieder einmal von dem freundlichen Angebot von Dr. W. Kolb Gebrauch gemacht, Ausschnitte aus seinem reizenden Büchlein „Bergbrocken“ verwerten zu dürfen. „Sabinchen und die Bergmannssprache“ hat unseren bergmännisch wenigstens etwas versierten Mitarbeitern (und davon gibt es eine ganze Menge) sicherlich viel Vergnügen bereitet.

Dr. W. Kolb hat im Herbst vergangenen Jahres seinen 80. Geburtstag gefeiert. Wir haben ihm selbstverständlich gratuliert und er hat sich auf seine Art bedankt. Seinem Schreiben lagen folgende „Stab-End-Reime“ bei:

**„Wie prima geht's dem Pensionär:
Ihn plagen nicht Probleme mehr,
Passabel geht's ihm pekuniär,
Er promeniert im Park umher,
Plant ein Poem auch nebenher,
Und pichelt froh sein Püllchen leer,
Kurz, prächtig geht's dem Pensionär!**

Prost, Prakla-Seismos!

Splitter

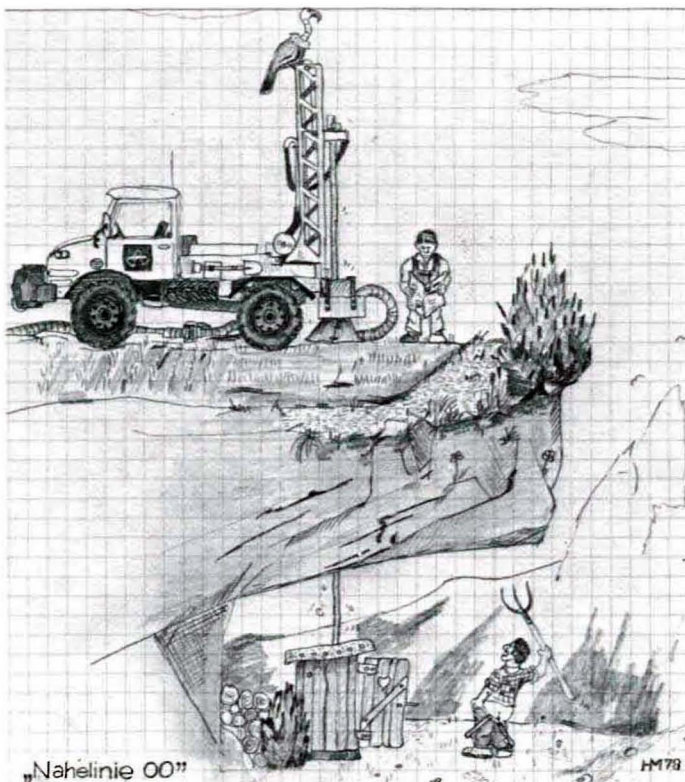
*„Der Mensch hat dreierlei Wege, klug zu handeln;
erstens durch Nachdenken, zweitens durch Nachahmen,
das ist der leichteste, und drittens durch Erfahrung,
das ist der bitterste.“*

Konfuzius

*„Aus Kindern, die zuviel dürfen, werden leicht Erwachsene,
die zuwenig können.“*

*Bei einem Wettlauf zwischen einer Schnecke und einem Kamel gewann zum Erstaunen aller die Schnecke.
Sofort wurde dieses merkwürdige Ergebnis von einer besonderen Kommission untersucht.
Sie stellte fest: Das Kamel hatte den Dienstweg eingeschlagen.*

Ein Schußpunkt ist ein Schußpunkt! Wer aber ist HM?



Dieses entzückende und mit viel Sorgfalt gezeichnete Bildchen ist der Redaktion ins Haus geflattert, doch leider ist uns sein Schöpfer bisher verborgen geblieben.

Lieber kunstbeflissener Mitarbeiter, melden Sie sich bitte, möglichst mit einem weiteren Bild aus dem seismischen Feld-Geschehen, damit Ihnen der verdiente Lohn überwiesen werden kann und durch die Veröffentlichung im nächsten Report Ihr Name in die PRAKLA-SEISMOS-Kunstgeschichte eingeht.

Die Zeichnung demonstriert mit großer Eindringlichkeit die Fährnisse, denen sich ein Bohrgeräteführer während seiner Tagesarbeit ausgesetzt sieht. Unseren Korrekturgruppen in der Zentrale offenbart sie darüberhinaus, daß eigenwillig verbogene Ersteinsätze durchaus eine reale Ursache haben können und daß es mehr Dinge zwischen Himmel und Erde gibt, als man sich in seiner Korrekturrechner-Weisheit träumen läßt.

Zeichnerisch begabte Mitarbeiter von PRAKLA-SEISMOS, sendet uns Eure Werke ein, damit wir uns alle an ihnen erfreuen können! Wenn sie nur etwa das Niveau des nebenstehenden Bildchens haben, ist ihnen ein Platz in unserem Report gewiß!

INDEX

Technisch wissenschaftlicher Artikel,
PRAKLA-SEISMOS Report, Jahrgang
1978

INDEX

Tecnical-scientific articles in English
language, PRAKLA-SEISMOS Report,
year 1978

	SEISMIK	SEISMICS
D. Ristow	Methoden der seismischen Datenverarbeitung, 1/78, S. 10 – 19	Methods of seismic data processing, 1/78, P. 10 – 19
H. J. Körner	Die Bearbeitung von Mäanderprofilen, 4/78, S. 10 – 15	Meander Processing, 4/78, P. 10 – 15
	DATENVERARBEITUNG	DATA PROCESSING
D. Ristow	Methoden der seismischen Datenverarbeitung, 1/78, S. 10 – 19	Methods of seismic data processing, 1/78, P. 10 – 19
H. J. Körner	ASTA, ein Programm zur iterativen Ermittlung reststatischer Korrekturen, 2/78, S. 8 – 14	ASTA, a program for iterative calculation of residual static corrections, 2/78, P. 8 – 14
K. Lemke	Migration, Einfluß von Methode und Geschwindigkeit, 3/78, S. 3 – 8	Migration, influence of method and velocity, 3/78, P. 3 – 8
G. Fromm	STAKO, ein teilautomatisches Programm zur Verbesserung statischer Korrekturen, 3/78, S. 8 – 13	STAKO, a semi-automatic program for the improvement of basic static corrections, 3/78, P. 8 – 13
H. J. Körner	Die Bearbeitung von Mäanderprofilen, 4/78, S. 10 – 15	Meander Processing, 4/78, P. 10 – 15
	INSTRUMENTE, VERFAHREN	DEVICES, SYSTEMS, PROCEDURES
G. Keppner	Der hydraulische Schlaghammer, 2/78, S. 3 – 8	The hydraulic hammer, a new seismic energy source, 2/78, P. 3 – 8
R. Köhler	Ist die Murabox richtig eingestellt? 2/78, S. 17	The Channel Selector, 2/78, P. 17
E. Nolte	Lasermessungen mit Stereophotographie, 3/78, S. 14 – 16	Laser surveying and stereophotography, 3/78, P. 14 – 16
	REPORTAGEN UND BERICHTE	REPORTS
P. Hengst	Flachwassermessungen in Ägypten, 1/78, S. 22 – 28	
	K. D. MUTIARA, ein hydrographisches Vermessungsschiff für die ROYAL MALAYSIAN NAVY, 2/78, S. 15 – 16	K. D. MUTIARA, a hydrographic survey vessel for the ROYAL MALAYSIAN NAVY, 2/78, P. 15 – 16
H.-O. Hagen	Ein ganzer seismischer Trupp per Luft nach Bangladesh! 2/78, S. 20 – 21	
W. Krause	Abenteuer Antarktis, 2/78, S. 26 – 30	
R. Köhler	Unsere Umfrage über die Gestaltung und Beurteilung des Report, 3/78, S. 22 – 25	Our Poll, design and judgment upon the Report, 3/78, P. 22 – 25
		IAGC, 3/78, P. 21
F. Koch	Bangladesh 1978, 3/78, S. 28 – 30	Bangladesh 1978, 3/78, P. 28 – 30
M. Weigl	Therme Bad Radkersburg, 4/78, S. 5 – 9	Spa Radkersburg, a case history, 4/78, P. 5 – 9
H. Pätzold	Exkursion in die Geschichte des Rammselberger Bergbaus, 4/78, S. 22 – 23 und S. 29	
	TAGUNGEN, AUSSTELLUNGEN	MEETINGS, EXHIBITIONS
H. J. Körner	Meerestechnik Niedersachsen, 1/78, S. 29 – 30	
G. Keppner	Truppleitertagung 1978, 2/78, S. 22 – 25	
H. J. Körner	EAEg-Tagung 1978, 3/78, S. 16 – 20	EAEg-Meeting 1978, 3/78, P. 16 – 20

