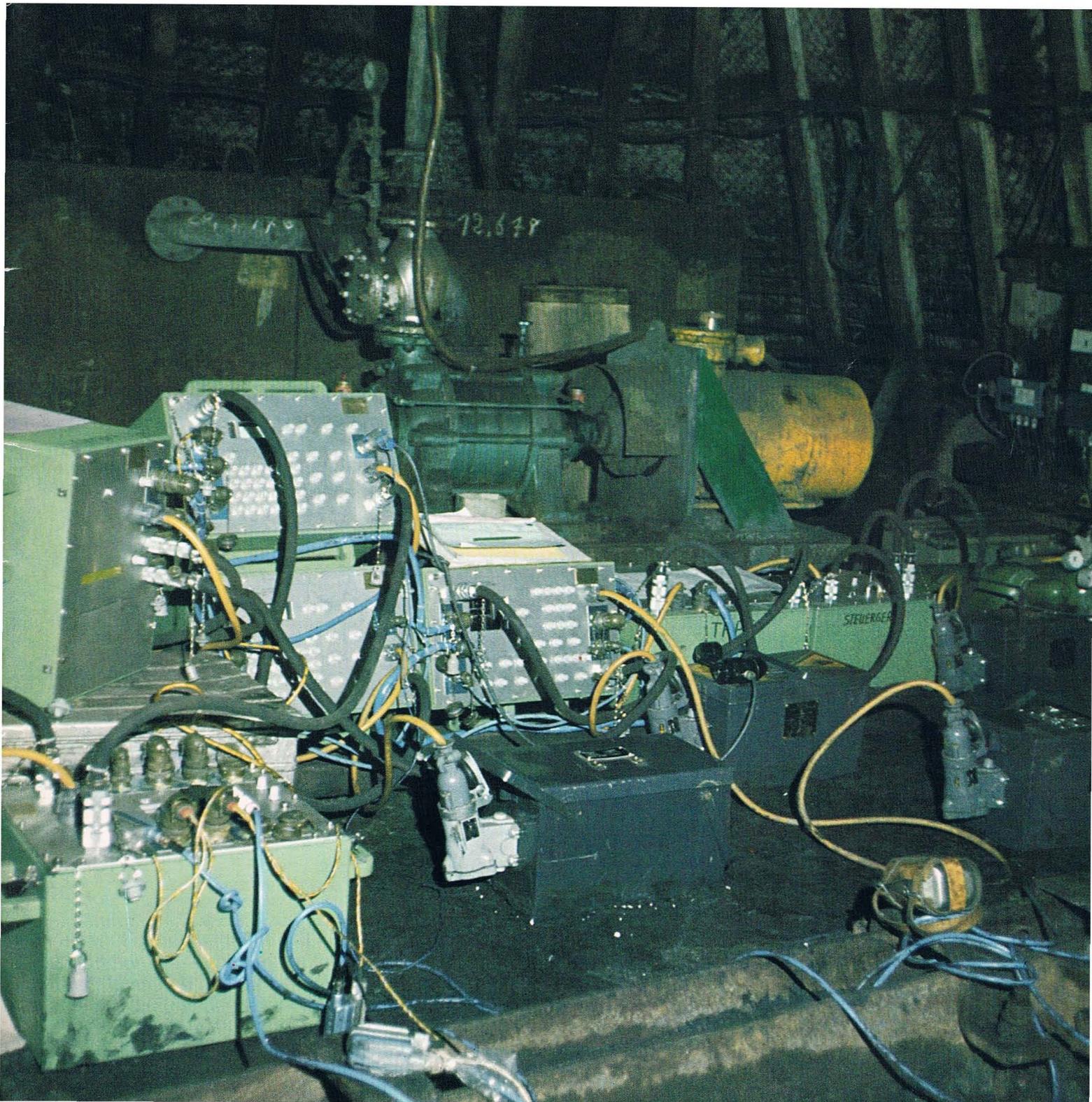


PRAKLA-SEISMOS Report

$\frac{2+3}{80}$



SCHWARZES BRETT

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.

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.

H. H. Arnetzl

(P) Three-dimensional reflection seismic coal field exploration, a highly modern tool for mine planning.

1st International Mine Planning & Development Symposium, 1980; Beidaihe, China, 33 S.

H. H. Arnetzl, R. W. Heil, L. E. Reimers

(P) Test for a high resolution 3-D seismic coal field exploration using detonation cord

EAEG-Tagung, Istanbul, 1980, 8 S.

H. A. K. Edelmann

(P) Shover - shear-wave generation by orthogonal vibration

EAEG-Tagung, Istanbul, 1980, 8 S.

K. Lemcke

(S) Some 3-D seismic results for coal exploration in northwest Germany

EAEG-Tagung, Istanbul, 1980, 10 S.

Th. Krey

(S) Straightforward derivation of Hubral's wavefront curvature differential equation in homogeneous isotropic media

Geophysics, Vol. 45, No. 5, Mai 1980, 4 S.

Th. Krey, J. Schmoll, R. Meixner, H. Bartelsen

(P) Variations of crustal seismic velocities derived from reflection seismic data in the Urach area

EGS-Treffen, Budapest, 1980, 18 S.

H.-J. Trappe

(S) PRAKLA-SEISMOS, sechzig Jahre angewandte Geophysik

OEL-Zeitschrift für die Mineralölwirtschaft, Juni 1979, 12 S.

Inhalt	Seite
Seismik und die Kohle	3
3D-Seismik	
Case History No. 3 – Mitteltiefes Objekt: Kohleexploration im östlichen Ruhrgebiet	8
Auswertung 3D-seismischer Ergebnisse für die Kohle	16
Flözwellenseismik – Stand und Entwicklung	19
Professor Dr. Theodor Krey 70 Jahre	31
EAEG 1980 in Istanbul	36
Truppleitertagung 1980	40
Entwicklungshilfe	
Mehr als 1000 Profilkilometer Landseismik in Bangladesh geschossen	42
„Seeseismik“ im Ruhrgebiet	46
Achtung Preisausschreiben! – Ein Name wird gesucht!	48
Im neuen Haus	49
Verschiedenes	50
Echos von draußen . . .	54
Das Rätsel des Monats	55

Titelseite: Schlagwettersichere seismische Digitalapparatur (MDH-01) im Untertageeinsatz
Foto: J. W. P. Klar

Rückseite: Kinder von Bangladesh
Foto: U. Lembcke

Herausgeber: PRAKLA-SEISMOS GMBH,
Haarstraße 5, 3000 Hannover 1

Schriftleitung und Zusammenstellung:

G. Keppner

Haarstr. 5, 3000 Hannover

Übersetzungen: D. Fuller

Graphische Gestaltung: K. Reichert

Satz und Druck: Druckerei Caspaul, Hannover

Lithos: Frenzel & Heinrichs, Hannover

Nachdruck nur mit Quellenangabe gestattet, um Belegexemplar wird gebeten

SEISMIK und die KOHLE

Die Gründung der „SEISMOS“ vor fast 60 Jahren erfolgte nicht zufällig mit Unterstützung fünf großer deutscher Montankonzerne. Die Kohle war, neben dem Erz, das wichtigste Explorationsobjekt der neuen Gesellschaft. Wenn auch das Erdöl später sehr stark und unabweisbar in den Vordergrund drängte und die Angewandte Seismik beinahe gänzlich aufzog, schickt sich die Kohle doch heute wieder an, verlorenes Terrain zurückzuerobern. Und die Geophysik, in erster Linie die Übertage- und Untertageseismik, hat die Herausforderung durch Anwendung neuerer und verbesserter Technologien ohne Zögern angenommen.

G. Keppner

Schon vor ihrer dauerhaften Ehe mit dem Öl war die Angewandte Seismik mit der Kohle eng verbunden gewesen. Ludger Mintrop, Begründer dieser damals neuen Wissenschaft, dessen Geburtstag sich am 18. 7. 1880 übrigens zum hundertsten Male jährte, stammte aus dem Kohlenpott, war Markscheider gewesen, hatte über 12 Jahre als Mitglied der Westfälischen Berggewerkschaftskasse an der Bochumer Bergschule Markscheidkunde gelehrt und nebenher, im Zuge seiner Promotion bei Prof. E. Wiechert in Göttingen, sein seismisches Verfahren und seine Instrumente entwickelt und das Wesen jener Refraktionswelle ergründet, die heute seinen Namen trägt. Ein 'echter' deutscher Gelehrter hätte nach Veröffentlichung seiner Ergebnisse geduldig auf den Nachruhm gewartet. Nicht so Mintrop. Am 7. 12. 1919 reichte er sein berühmtes Patent: „Verfahren zur Ermittlung des Aufbaus von Gebirgsschichten“ ein und suchte nach einem Weg zur praktischen Erprobung. Die 'Kohle' sollte ihm zum Durchbruch verhelfen. Mintrops Freund und Biograph Prof. K. Lehmann schildert, was nun folgte:

„Ich sagte ihm Hilfe zu und schlug vor, in meiner Gegenwart auf dem Westerwald, wo ich nach einem Braunkohlenflöz bohrte, Versuche anzustellen, was er sofort annahm. Wenige Tage später fuhren wir zusammen ins Gelände. Ich zeigte ihm das Bohrloch. Er baute seine Geräte auf, gab einige Schüsse ab und legte mir nach etwa 2 Stunden das Ergebnis vor: 99 m Deckbasalt, 2,50 m Braunkohle, darunter Sohlbasalt. Das stimmte genau. Vor lauter Bestürzung bat ich ihn, noch einige Versuche an anderen Bohrlochern durchzuführen; sie brachten dasselbe Ergebnis: fast vollständige Übereinstimmung.

Daraufhin verfaßte ich einen schriftlichen Bericht an meine Verwaltung unter Hinweis auf die große Bedeutung der Erfindung und schlug vor, geeignete große Firmen sollten eine Verwertungsgesellschaft gründen. Mein Vorstand war zunächst skeptisch und sprach von Wünschelrutengängerei. Mit Unterstützung des weitblickenden bergmännischen Vorstandsmitgliedes Bergassessor a. D. Fritz Baum gelang es, eine Bresche zu schlagen.“

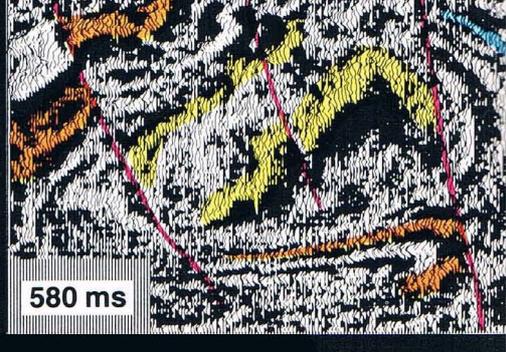
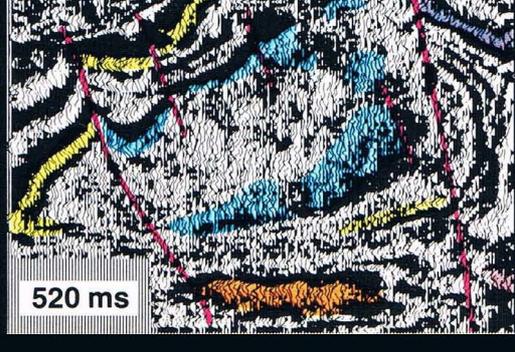
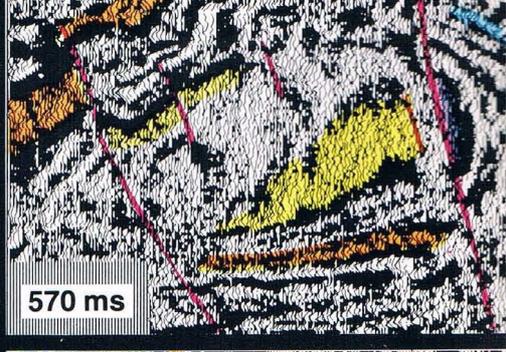
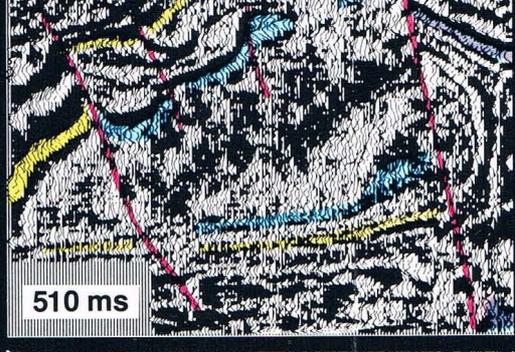
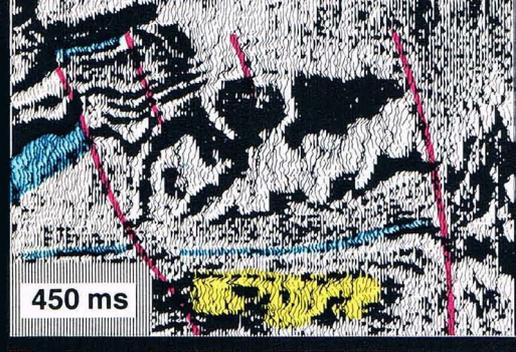
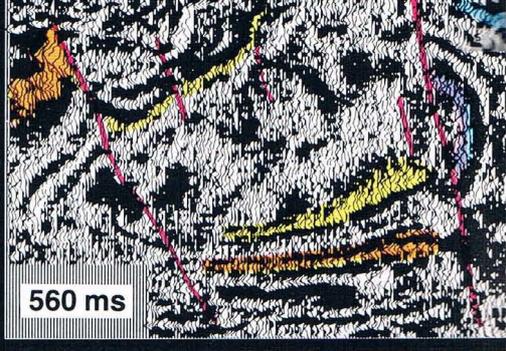
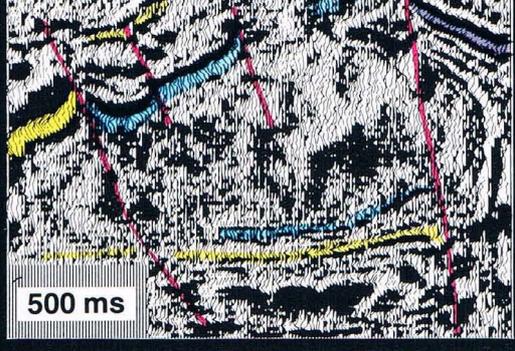
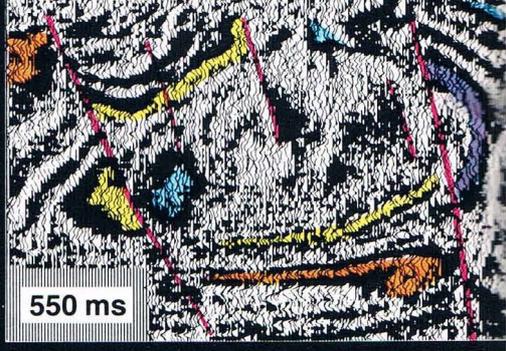
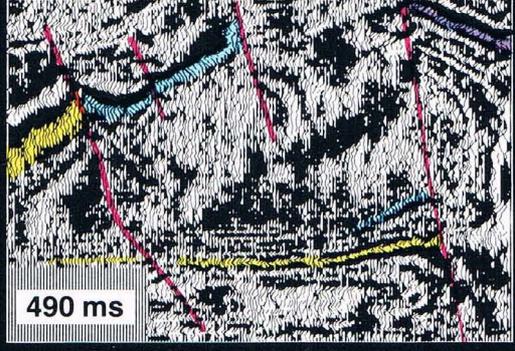
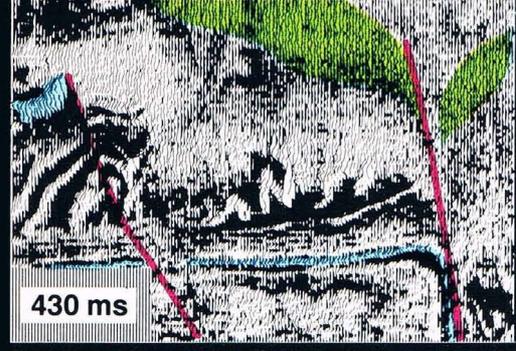
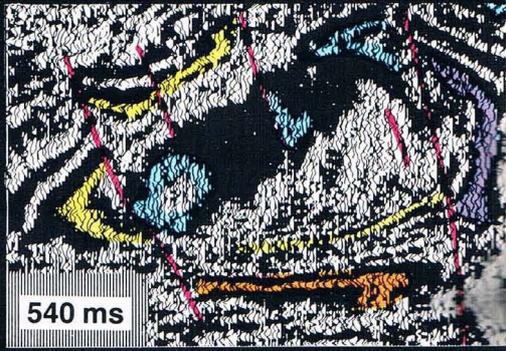
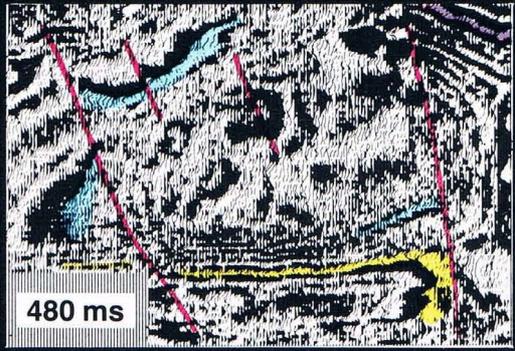
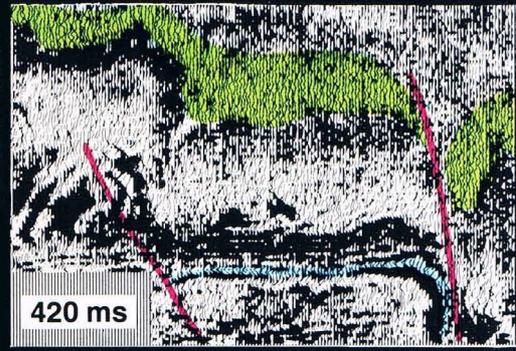
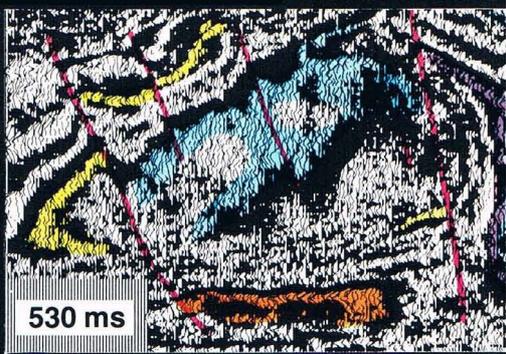
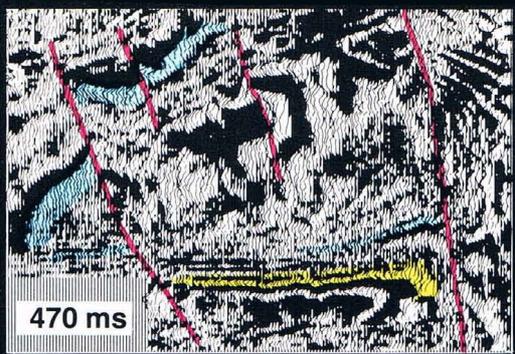
Seismic and coal

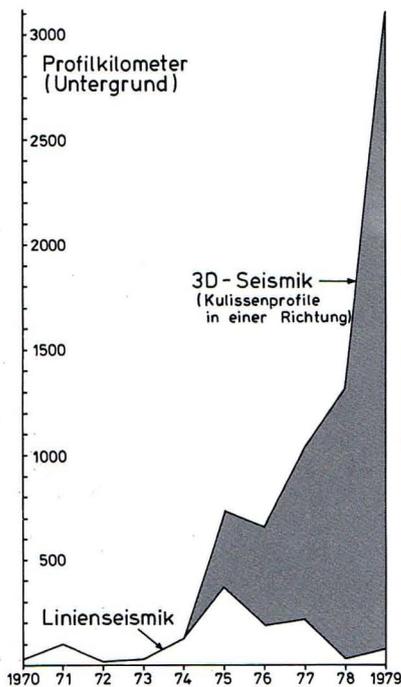
It was not by accident that the founding of "SEISMOS" nearly 60 years ago was supported by a combine of five large German iron and coal companies. Coal was, in addition to ore, the most important exploration target of the new company. Later, when oil pushed very strongly and urgently into the foreground applied seismics was almost entirely absorbed; yet today coal is preparing to reconquer lost ground. Geophysics, above all surface and in-seam seismics, has accepted the challenge without hesitation through the application of new and improved technology.



L. Mintrop

**Professor Dr. phil. Dr. mont. h.c.
Ludger Mintrop. 1880 bis 1956**





Reflexionsseismische Exploration für den Steinkohlenbergbau in der Bundesrepublik von 1970 bis 1979

Reflection seismic exploration for the coal mining industry in West Germany from 1970 to 1979

Es kam, was keineswegs zwangsläufig kommen mußte: die Bresche führte am 4. April 1921 zur Gründung der „SEISMOS GMBH“, dazu geschaffen, die Ideen des Erfinders in die Tat umzusetzen – unter seiner eigenen Leitung.

Noch im Gründungsjahr widmet sich die „SEISMOS“ der Kohleexploration unter Anwendung der **Refraktionsseismik**. Dr. O. Geußenhainer – seine große Stunde schlug drei Jahre später in Texas – berichtet von 'Untertagechießen' im Steinkohlenbergwerk Plötz-Löbejün nördlich von Halle. Auch die Braunkohlenlager im Westerwald standen auf dem Meßprogramm. Ein Jahr darauf arbeitete die „SEISMOS“ u. a. im mitteldeutschen Braunkohlenbezirk von Helmstedt und im niederrheinischen Steinkohlenrevier.

Das Jahr 1923 brachte der jungen Gesellschaft die ersten größeren Aufträge, auch für die Kohleexploration. Mintrop berichtet über diese Arbeiten im holländisch-limburgischen Steinkohlenrevier:

„Während der Jahre 1924 bis 1926 hat die SEISMOS für die Holländischen Staatsgruben sehr ausgedehnte Untersuchungen in den Feldern der Gruben Hendrik und Mauritz ausgeführt zwecks Ermittlung des Reliefs der Karbonoberfläche unter Tertiär bzw. Tertiär und Kreide. Die von der Verwaltung der Staatsgruben verlangte Genauigkeit der Tiefenbestimmung erforderte eine überaus genaue Berücksichtigung des Einflusses der Unebenheiten des Geländes, der Beschaffenheit und Mächtigkeit der obersten Deckschicht, der sogenannten Verwitte-

◀ **Interpretierte „Zeitscheiben“, ein Endergebnis von 3D-Feldtechnik, 3D-Processing und 3D-Interpretation. Die horizontalen Schnitte in Zeitabständen von 10 ms zeigen unterhalb des ruhig gelagerten Deckgebirges (grün) eine steilwandige und von Störungen durchzogene Karbonmulde (s. hierzu die beiden folgenden Artikel).**

Interpreted "time slices", one final result of 3-D field techniques, 3-D data processing and 3-D interpretation. The horizontal sections at 10 ms time intervals show below the smoothly layered overburden (green) a Carboniferous trough, penetrated by normal faults (see the following two articles).

Even before its lasting bond with oil, applied seismics was closely linked with coal. Ludger Mintrop, founder of this then new science, and whose birthday by the way was 100 years ago on 18. 7. 1980, hailed from the "Kohlenpott". He was a mining surveyor and had taught mine surveying for over 12 years as a member of the Westfälische Berggewerkschaftskasse at the Bochum mining school, and moreover, in the course of his graduation with Prof. E. Wiechert in Göttingen, had developed his seismic method and instruments and examined the character of the refraction wave, which today bears his name. A "true" German scholar would have waited patiently after publication of his results for posthumous fame. Not Mintrop. On 7. 12. 1919 he applied for his famous patent "Verfahren zur Ermittlung des Aufbaues von Gebirgsschichten" and looked for a way to make a practical test. "Coal" helped him achieve the breakthrough. Mintrop's friend and biographer Prof. K. Lehmann gave the following account:

"I promised him my help and proposed he should carry out some tests in my presence in the Westerwald where I was drilling for a brown coal seam; he immediately accepted. A few days later we drove together to the field. I showed him the borehole. He set up his tools, fired some shots and after about 2 hours presented the result to me: 99 m blanket basalt, 2.50 m brown coal, underneath base basalt. That was exactly right. With genuine consternation I asked him to carry out some more tests at other boreholes: they yielded the same result: almost complete agreement.

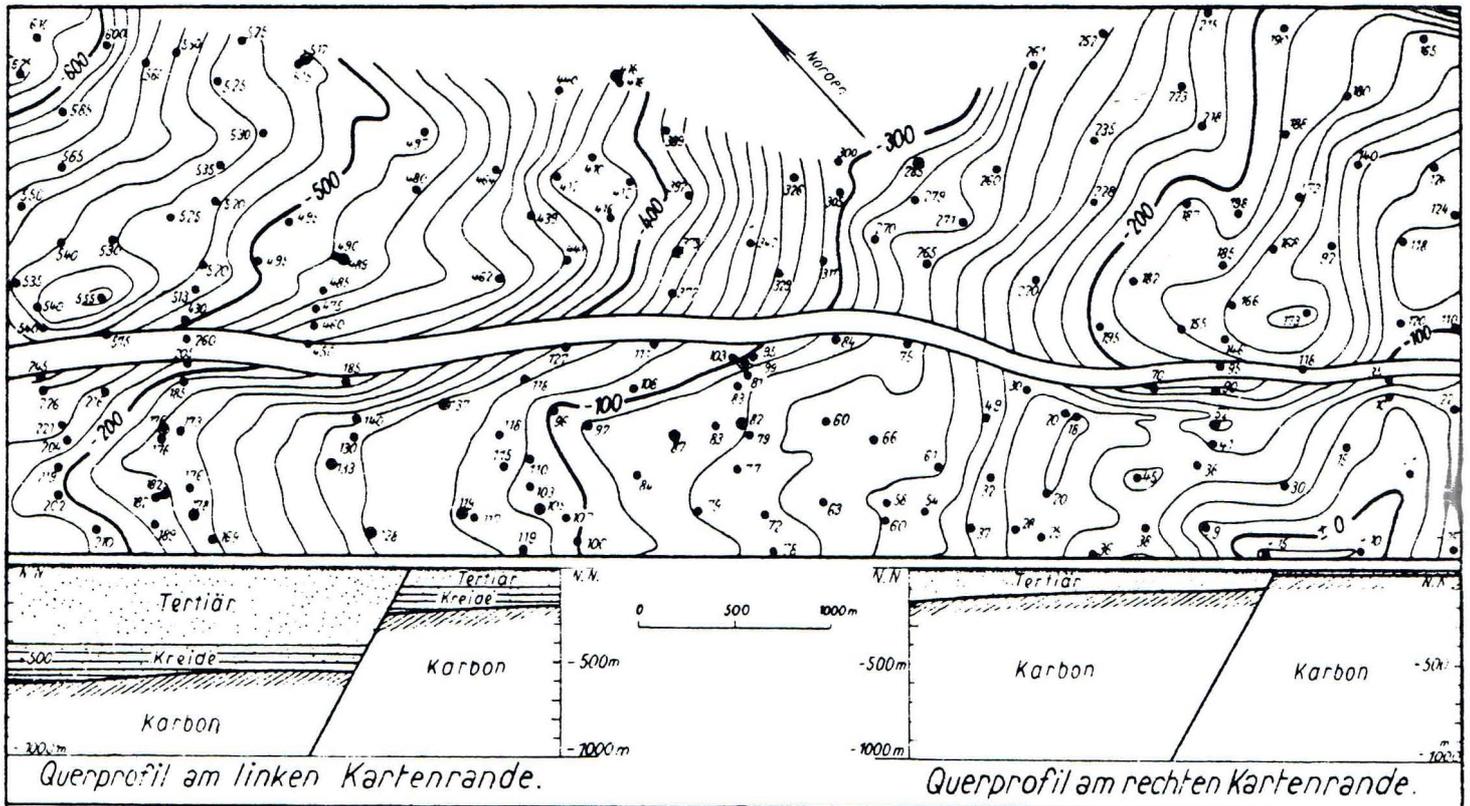
On the strength of that I wrote a report to my management with reference to the great significance of this invention, and I proposed that suitable large firms should form a realization company. My board of directors was sceptical to begin with and spoke of diviners. However, with the support of the far-sighted member of the mining board, Fritz Baum, a professional mining man, a breakthrough was made".

What happened next was by no means automatic: this breakthrough led to the formation of "SEISMOS GmbH" on 4 April 1921, and with this the inventor was able to put his ideas into action – under his own leadership.

As early as its formation year, "SEISMOS" devoted its attention to coal exploration using **refraction seismics**. Dr. O. Geußenhainer – his great moment came three years later in Texas – reported on underground shooting in the coal mine Plötz-Löbejün north of Halle. The brown coal areas in Westerwald were also part of the survey program. One year later, "SEISMOS" worked in the middle German brown coal district of Helmstedt and in the Lower Rhine coal quarter.

In 1923 the young company obtained its first large foreign contracts, also for coal exploration. Mintrop reported about the surveys performed in the Dutch-Limburg coal district:

"During 1924–1926 SEISMOS has carried out very extensive exploration for the Dutch state mines in the fields of Hendrik and Mauritz mines for the purpose of determining the relief of the Carboniferous interface beneath the Tertiary or Tertiary and Cretaceous. The stipulated accuracy of the depth determination laid down by the state mines management demanded an extremely precise consideration of the effect of terrain irregularities, the nature and thickness of the



... rungsschicht, die wegen der geringen Geschwindigkeit, mit der sich die Wellen fortpflanzen, ein großer Zeitschlucker ist."

Ein Tiefenlinienplan der Karbonoberkante, die bis zu 700 m unter Erdoberfläche abtaucht, zeigt eine mächtige Verwerfung. Dr. R. Mügge, Dr. Haubold und Dr. W. Kolb waren an diesen Messungen beteiligt. Dr. Kolb charakterisiert das Meßverfahren wie folgt: „Linien bis 2–3 km mit ‚wanderndem‘ Schußpunkt. Später Dreieckschießen und Untertageschießen zur Bestimmung der Geschwindigkeitskonstanten“. Es wurde also auch hier schon ‚untertage‘ geschossen und über Tage, 600 m darüber, registriert.

Noch im gleichen Jahr 1923, in dem die „SEISMOS“ zum Sprung über den Ozean ansetzte, sich in Mexiko und schließlich in den Vereinigten Staaten etablierte und der Angewandten Seismik sehr bald durch phänomenale Erfolge zum weltweiten Durchbruch verhalf, vermaß ein SEISMOS-Trupp die Braunkohlenvorkommen der Grube „Emma“ in Schlesien.

Die **Reflexionsseismik** führte bereits 1935 im Grubenfeld Walsum unter der Leitung von Dr. Fr. Trappe zu beachtlichen Ergebnissen. Pro Aufnahme wurden damals fünf („oder mehr“, wie es bei Mintrop heißt) der von Dr. Trappe und Dr. W. Zettel entwickelten Seismographen verwendet. Die Karbonoberfläche unter Tertiär und Kreide wurde in 350 bis 500 m Tiefe klar erfaßt und auch eine Störung nicht übersehen. Messungen von Dr. H. Lückcrath führten ein Jahr später zu einer Präzisierung der gefundenen Verwerfung. Und so ging es weiter. –

Die Möglichkeit, mit Hilfe sogenannter **Flöz-** oder **Kanalwellen** seismische Messungen unter Tage durchzuführen, erkannte als erster Professor Th. Krey, dessen 70. Geburtstag wir am 17. August dieses Jahres feiern konnten (s. auch Seite 31). Von ihm stammt der theoretische und praktische Unterbau des „Reflexionsseismi-

Refraktionsseismisch ermittelte Tiefenlinien der Karbonoberkante im Feld Hendrik im holländisch-limburgischen Steinkohlenbezirk.

Nach R. Mügge (Seismos) 1924/25

Depth contours of the top Carboniferous in Hendrik mine in the Dutch-Limburg coal district gained by refraction seismics. After R. Mügge (Seismos) 1924/25

uppermost surface layer, i.e. the so-called weathering zone, which, because of its low velocities, is a large time consumer."

A depth contour map of the top Carboniferous, which plunged to 700 m below surface, showed an enormous fault. Dr. R. Mügge, Dr. Haubold and Dr. W. Kolb were involved in these surveys. Dr. Kolb characterized the survey method as follows: "Lines up to 2–3 km with 'walk-away' shotpoints. Later 'triangular shooting' and 'subsurface shooting' were used to determine the velocity constants". Even at this time underground shots were fired and recorded on surface, 600 m above.

In the same year, 1923, while "SEISMOS" was gaining a foothold in Mexico and finally in the United States and hence, by its tremendous success, initiating the breakthrough of applied seismics, a "SEISMOS" crew surveyed the brown coal deposit of the "Emma" mine in Silesia.

Reflection seismics brought in notable results as early as 1935 in the Walsum mine field under the supervision of Dr. F. Trappe. For each record he used five ("or more", according to Mintrop) seismographs which

schen Verfahrens und (der) Anordnung zur Ermittlung von Verwerfungen und Störungen in Lagerstätten und Schichten unter Tage", wie der Verfahrenstitel in der bekannt umständlichen Patentsprache lautet. Erste Anläufe, im Flöz geführte Wellen nachzuweisen, scheiterten 1958 im Ruhrgebiet. Der damals noch fehlende Schlagwettererschutz der seismischen Apparatur verhinderte weitere Versuche. Der Durchbruch glückte 1960 in einem nicht schlagwettergefährdeten Betriebspunkt der Saargruben, nicht zuletzt auch dank der Bereitschaft und Zuversicht von Dr. Kneuper. Die von Th. Krey postulierte Kanalwelle gab es also wirklich, und sie war sogar geeignet, zur Entschlüsselung des Flözverlaufes beizutragen, was den Entschluß erleichterte, eine moderne Digitalapparatur gegen schlagende Wetter abzusichern, ein keineswegs einfaches aber schließlich geglücktes Unterfangen. Dr. K. O. Millahn berichtet in seinem Artikel „Flözwellenseismik – Stand und Entwicklung“ über den Komplex der Untertage-seismik.

Heute arbeiten die Industrie und zahlreiche Institute daran, die Flözwellenseismik durch digitale Aufnahme und verbesserte Datenverarbeitung zu einem noch wirksameren Explorationsinstrument zu machen, neben PRAKLA-SEISMOS auch der „National Coal Board“ in Großbritannien und die „Colorado School of Mines“ in den USA, um nur einige zu nennen.

Die Bedeutung der **3D-(Übertage) Seismik** für die Kohle als wirksames Instrument zur Vorfelderkundung ist bereits in zahlreichen Artikeln unserer Firmenzeitschrift angeklungen. Erinnerung sei an den Beitrag von R. Bading „Flächenhafte reflexionsseismische Feldaufnahme“ in Heft 2/76, ferner an die Arbeit von W. Houba „3D-Processing“ in Heft 2/79, die sehr ausführlich auf Beispiele aus der Kohle einging, schließlich an den Artikel von Dr. E. Meixner „COMAI – Computergestützte Profilauswertung“ in Heft 1/80, um nur einige herauszustellen. Prof. Th. Krey widmete dem Thema vielbeachtete Vorträge auf Fachkongressen. In der vorliegenden Ausgabe des Report kommt unser Kohleexperte H. Arnetzl mit einem Bericht über eine 3D-Messung für die Ruhrkohle zu Wort und K. Lemcke über den Komplex der Interpretation.

Ein Blick auf die Statistik (Seite 5) läßt erkennen, daß der Ölschock vom Herbst 1973 die Initialzündung zu jener enormen Aktivitätszunahme lieferte. Die oft pauschal erhobene Unterstellung: „Es wird nichts getan zur Sicherung unserer Energie“, strafft sich selber Lügen. Die von der Bundesrepublik geförderten, von der Ruhrkohle ausgeführten und von anderen Instituten und Gruppen, zu denen auch wir uns zählen, mitgetragenen Projekte wie

- Flächenhafte reflexionsseismische Messungen mit hoher Auflösung zur Erfassung der Mitteltektonik im Grenzbereich Deckgebirge – Karbon
- und
- Flözwellenseismische Vorfelderkundung mit Hilfe digitaler Meßwertfassung

legen Zeugnis ab von dem Willen unserer Gesellschaft, auf eine Herausforderung prompt zu reagieren. Wie ein namhafter Ölkonzern könnten die drei großen Bergbau AGs der Ruhrkohle, Niederrhein, Lippe und Westfalen ihre Situation mit dem Slogan beschreiben: Es gibt viel zu tun, packen wir's an! Sie tun es längst.

Aber auch die unabhängigen Bergbaubetriebe von Nordrhein-Westfalen sind nicht untätig geblieben. Und

were developed by himself, together with Dr. W. Zettel. The Carboniferous interface beneath the Tertiary and Cretaceous was clearly recognized between depths of 350 and 500 m and also a fault was detected. A year later surveys by Dr. H. Lückcrath led to a further precision of this fault. And so it continued.

The possibility of carrying out seismic surveys underground with the aid of so-called **seam or channel waves** was first recognized by Prof. Th. Krey, whose 70th birthday we celebrated on 17 August this year (see also page 31). From him originated the theoretical and practical foundation of the "Reflective Seismic Process for Detecting Dislocations and Disturbances in Seams and Layers Below Ground", as expressed by the title of the method in the well known and somewhat circumstantial patent language. The first attempts in 1958 to prove the existence of guided waves in the seam in the Ruhr district failed. Further tests were prevented because at that time the seismic instrument lacked fire-damp protection. The breakthrough in 1960 occurred in a working area of the Saar mines not endangered by fire-damp and was attributed to Dr. Kneuper's readiness and confidence in this project. The channel waves postulated by Th. Krey thus actually did exist and were even suitable for revealing the seam course, an important perception which facilitated the decision to develop a fire-damp protection for a modern digital instrument; not an easy undertaking, but eventually a successful one. Dr. K. O. Millahn reports on underground seismics in his article "In-seam Seismics – Position and Development".

Today, the industry and numerous institutes, for example the "National Coal Board" in Great Britain and the "Colorado School of Mines" in the USA in addition to PRAKLA-SEISMOS, are working on in-seam seismics, employing digital recording and improved data processing in order to make it an even more effective exploration tool.

The significance of **3-D (surface) seismics** as an effective tool for forefield reconnaissance in coal mining has been written about in numerous articles which have appeared in our company magazine. The contribution by R. Bading "Areal Seismic Reflection Field Recording" in edition 2/76, then the work by W. Houba "3D-Processing" in the 2/79 edition which referred to coal examples in great detail, and finally the article by Dr. E. Meixner "COMAI – Computer Aided Interpretation" in edition 1/80, are only a selection. Prof. Th. Krey has dedicated many noted papers to the subject at various conventions. In this issue of the Report our coal experts present two accounts: H. Arnetzl on a 3-D survey for the Ruhrkohle and K. Lemcke on the topic of interpretation.

By looking at the statistics (page 5), one can see that the oil crisis of autumn 1973 set off the enormous increase in activity. The often all-inclusive supposition: "There is nothing done to safeguard our energy" does not tell the truth. Sponsored by the German Federal Republic and carried out by the Ruhrkohle with the aid of various institutes and groups, of which we are one, shared programs such as:

- Areal reflection seismic surveys with high resolution to ascertain the middle tectonics in the border zone overburden – Carboniferous
- and
- In-seam seismic forefield reconnaissance using digital techniques

neuerdings werden auch wieder seismische Messungen mit guten Ergebnissen für die Saarbergwerke durchgeführt und so an eine Tradition angeknüpft, die vor zwei Jahrzehnten erfolgreich begann.

Der Hauptbeitrag der PRAKLA-SEISMOS liegt in der Vorfelduntersuchung, unter und über Tage. Was bedeutet 'Vorfeld' für den Bergbau? Geologische Störungen, Faltungen und Verschiebungen aber auch Vertaubungszonen erschweren den hochtechnischen und automatischen Abbau, der heute mit großen Walzenschrämladern oder Kohlenhobeln betrieben wird. Jede unerwartet angetroffene größere Störung kann die Arbeiten zum Stillstand bringen und damit beträchtliche Kosten verursachen. Aus einem vollmechanisierten Streb werden pro Fördertag rund 1500 t Kohle gewonnen; die Einrichtung eines neuen Abbaubetriebes dauert etwa 8 Wochen – ein Umbau bewirkt also einen Förderausfall von rund 70 000 t. Daraus wird klar, daß eine möglichst genaue Kenntnis des Abbauvorfeldes eine wichtige Voraussetzung für eine optimale und ökonomische Abbauplanung darstellt. Und eben diese 'möglichst genaue Kenntnis' zu vermitteln, das sehen wir als unsere Aufgabe an.

PRAKLA-SEISMOS und die Kohle. – Der kurze Abriß mag bewiesen haben, daß wir unsere schriftlichen Äußerungen nicht grundlos mit dem gleichen Wunsch beschließen, wie das auch der Bergbau tut: mit einem herzlichen Glückauf!

give evidence of our society's determination to react promptly to a challenge. Just like a well known oil concern, the three large mining companies of Ruhrkohle, – Niederrhein, Lippe and Westfalen – could describe their situation with the slogan: There is a lot to do, let's get on with it! And they have been for some time. Not only these but also the independent mining works of Nordrhein-Westfalen have not remained inactive. And once again seismic surveys with good results were carried out for the Saarbergwerke, thus linking up with a tradition that successfully began two decades ago.

The main contribution of PRAKLA-SEISMOS lies in the forefield reconnaissance, underground and on surface. What does "forefield" mean in mining? Not only geological faults, folding and overthrusts but also sterile zones hinder the highly technical and automatic exploitation, which today advances using large face cutting machines. Every unexpected larger fault which is encountered can bring the work to a standstill, which gives rise to substantial costs. About 1 500 t of coal are won per production day from a longwall face; the reconstruction of the equipment at a new face lasts about 8 weeks, resulting in a production loss of approx. 70 000 t. From this it is clear that a highly accurate knowledge of the forefield exploitation area is an important prerequisite for an optimal and economic planning. And it is just the procurement of this "highly accurate knowledge" which we consider as our task.

3D-Seismik

Mit dem vorliegenden Artikel über ein 'mitteltiefes' Projekt schließen wir die seit Report 2/79 laufende Serie über 3D-Seismik – Processing und Feldtechnik – vorläufig ab. Die Themen '3D-Seismik' und 'Kohle' kreuzen sich in diesem Heft in durchaus absichtsvoller Weise. Der Schnittpunkt markiert die große Bedeutung der 3D-Technik für die Kohleexploration, soll aber auch die eminente Stimulanz hervorheben, die zu Nutzen jener neuen Technik von der 'Kohle' ausging, ein Phänomen, das nicht allein auf die Bundesrepublik beschränkt blieb.

Für die Erlaubnis zur Veröffentlichung des Artikels fühlen wir uns der Bergbau AG Westfalen, Dortmund, zu besonderem Dank verpflichtet.

Case History No. 3

Mitteltiefes Objekt:

Kohleexploration im östlichen Ruhrgebiet

H. Arnetzl

Der Flächenseismik ging 2 Jahre zuvor eine linienseismische Übersichtsvermessung mit 12facher Überdeckung des Untergrundes und einem mittleren Abstand der Meßlinien von etwa 1,2 km voraus, deren Ergebnisse in den wesentlichen Aussagen durch mehrere Kernbohrungen bestätigt wurden:

3-D Seismics

The series concerning 3-D seismics – processing and field techniques – which has been running since Report 2/79 will now be provisionally concluded with this present article about a middle-deep project. In this issue the topics "3-D seismics" and "coal" intersect intentionally. The point of intersection marks the major significance of 3-D techniques for coal exploration, and stresses, on the other hand, the important stimuli originating from the "coal" which promote these new techniques, a phenomenon not only restricted to the Federal Republic.

We are particularly indebted to the Bergbau AG Westfalen, Dortmund, for the permission to publish this article.

Case History No. 3

Middle-deep Target: Coal Exploration in the Eastern Ruhr District

Two years before the areal seismic survey was carried out, a line seismic reconnaissance survey with 12-fold subsurface coverage and an average survey line spacing of 1.2 km was executed. The more significant results of this survey were verified by core drilling:

Das 600 m bis 700 m mächtige Deckgebirge der Kreide transgrediert mit 5° bis 10° Winkeldiskordanz über das flözführende Karbon. Im Zentrum des Meßgebietes ließ sich eine weitgespannte Mulde nachweisen, deren Achse parallel zum WSW-ENE-Streichen der variskischen Gebirgsfaltung verläuft. Die Karbonschichten lagern im allgemeinen konkordant. Innerhalb der etwa 1,7 km bis 2,5 km breiten Mulde herrscht flache Lagerung vor, was einen großflächigen, hochmechanisierten Abbau der Flöze begünstigt. Im Muldentiefsten wurden bis zur bergmännisch bewältigbaren Teufe von etwa 1500 m bis zu 72 Flöze durch Kernbohrungen nachgewiesen, von denen aufgrund der Flözmächtigkeit etwa 14 Flöze als abbauwürdig gelten könnten (minimale Mächtigkeit 1,0 m), sofern nicht zu viele tektonische Störungen oder die rohstofflichen Daten (z. B. große Aschengehalte oder mangelnde Kokbarkeit der Kohlen) der Abbauwürdigkeit entgegenstehen. Die Muldenränder zeigen relativ steile Lagerung mit 45° Einfallen. Die Mulde wird von variskisch streichenden Überschiebungen begrenzt, das Steinkohlengebirge selbst durch große, im allgemeinen NW-SE streichende, postkarbonisch-präkretazische Störungen mit Sprungbeträgen zwischen 50 m und mehr als 200 m in mehrere Schollen gegliedert. Innerhalb der einzelnen Schollen wurde damals schon Mitteltektonik mit etwa 25 m Sprungbeträgen nachgewiesen, ihre Korrelation aber stieß, wegen der großen Profilabstände, auf erhebliche Schwierigkeiten. Aufgabe der flächenseismischen Vermessung war es daher, neben der Lage der Karbonoberfläche vor allem die Ausdehnung der Karbonmulde und die Elemente der Groß- und Mitteltektonik innerhalb des Karbons zu erkunden. Dabei war besonders auf die relativ steil einfallenden Muldenflanken zu achten.

Planung

Für die Vermessung wurde von PRAKLA-SEISMOS ein besonderes Meßschema entworfen, für dessen Konzeption die folgenden Überlegungen zugrunde lagen:

- Das Meßgebiet soll mit Hilfe einer Vielzahl sogenannter 'Blöcke' gleicher Dimension vermessen werden. Diese Blöcke werden in Arbeitsrichtung wie Bausteine zu Streifen aneinandergesetzt (Fig. 1), wobei durch entsprechende Überlappungen innerhalb der Streifen für eine gleichmäßige Untergrundüberdeckung zu sorgen ist. Die Streifen schließen sich nahtlos aneinander an.
- Jeder Block besteht aus 10 parallelen Geophonlinien, in Streifenrichtung angeordnet, mit je 12 Geophongruppen, was 120 Stationen ergibt und mit der Anzahl der seismischen Kanäle der Apparatur übereinstimmt. Die Anordnung der Geophonstationen (Fig. 1) führt zu einem quadratischen Raster der Datenpunkte (Mittelpunkte zwischen den Schuß- und Geophonorten) im Untergrund.
- Die zu den einzelnen Blöcken gehörenden Schußpunkte liegen auf senkrecht zu den Geophonlinien verlaufenden Traversen. Die Abstände zu den einzelnen Geophonlinien eines Blockes sind unterschiedlich.
- Den Figuren 1 und 2 ist zu entnehmen, daß die zu einer Untergrundinformation zusammenfassenden Einzelinformationen aus den unterschiedlichsten Richtungen eingeholt werden. Die Azimutverteilung der

The 600 m to 700 m thick Cretaceous overburden overlaps the coal bearing Carboniferous with a 5° to 10° dip unconformity. In the centre of the survey area an extensive syncline has been proved, the axis of which runs parallel to the WSW-ENE trending Variscan folds. In general, the Carboniferous layers lie concordantly. Within the syncline, which is 1.7 km to 2.5 km wide, horizontal layering predominates, this favours a large faced, highly mechanized seam exploitation. In the trough of the syncline as many as 72 seams have been proved down to a feasible mining depth of about 1500 m. Considering the seam thickness, about 14 of these seams (minimum thickness 1 m) could be workable provided the presence of tectonic faults or the coal data (e.g. high ash content or deficient coke property of the coal) are not too unfavourable. The edges of the syncline exhibit relatively steep layering with dips of 45°. The syncline is bound by overthrusts, striking parallel to the Variscan folds, whilst the Carboniferous strata itself is subdivided into several blocks by large post-Carboniferous pre-Cretaceous faults, mainly striking NW-SE, with throws from 50 m to over 200 m. Within the individual blocks medium tectonics with throws of about 25 m were at that time proved, but because of the large survey line spacing considerable difficulties were encountered in their correlation. The aim of the areal seismic survey was, therefore, besides the location of the Carboniferous surface, above all to find out the extent of the Carboniferous syncline and the elements of the large and medium tectonics within the Carboniferous. Moreover, particular attention was to be paid to the relatively steeply dipping syncline flanks.

Planning

The following considerations form the basis of the survey scheme, which was specially planned for this survey by PRAKLA-SEISMOS:

- The survey area should be surveyed employing a large number of so-called "blocks" of equal dimensions. These blocks should be connected together in the survey direction (Fig. 1) so that the overlap within the strip produces a corresponding regular underground coverage. The strips themselves are laid next to one another without gaps.
- Each block consists of 10 parallel geophone lines, arranged in the strip direction, with 12 geophone groups per line; this results in 120 stations per block, which correspond to the number of seismic channels in the instrument. The arrangement of the geophone stations (Fig. 1) leads to a square grid of underground data points (midpoints between shot and geophone positions).
- The shotpoints belonging to the individual blocks are located along traverses which run perpendicular to the geophone lines. The distances of the traverses to the individual geophone lines of a block are varied.
- Figures 1 and 2 show that the individual data, which combine to one underground data point, arrive from a variety of directions. The azimuthal distribution of the shot-geophone directions is made to suit the slope of the strata or the fault tectonics by a suitable choice of the degree of coverage in the component directions X and Y.

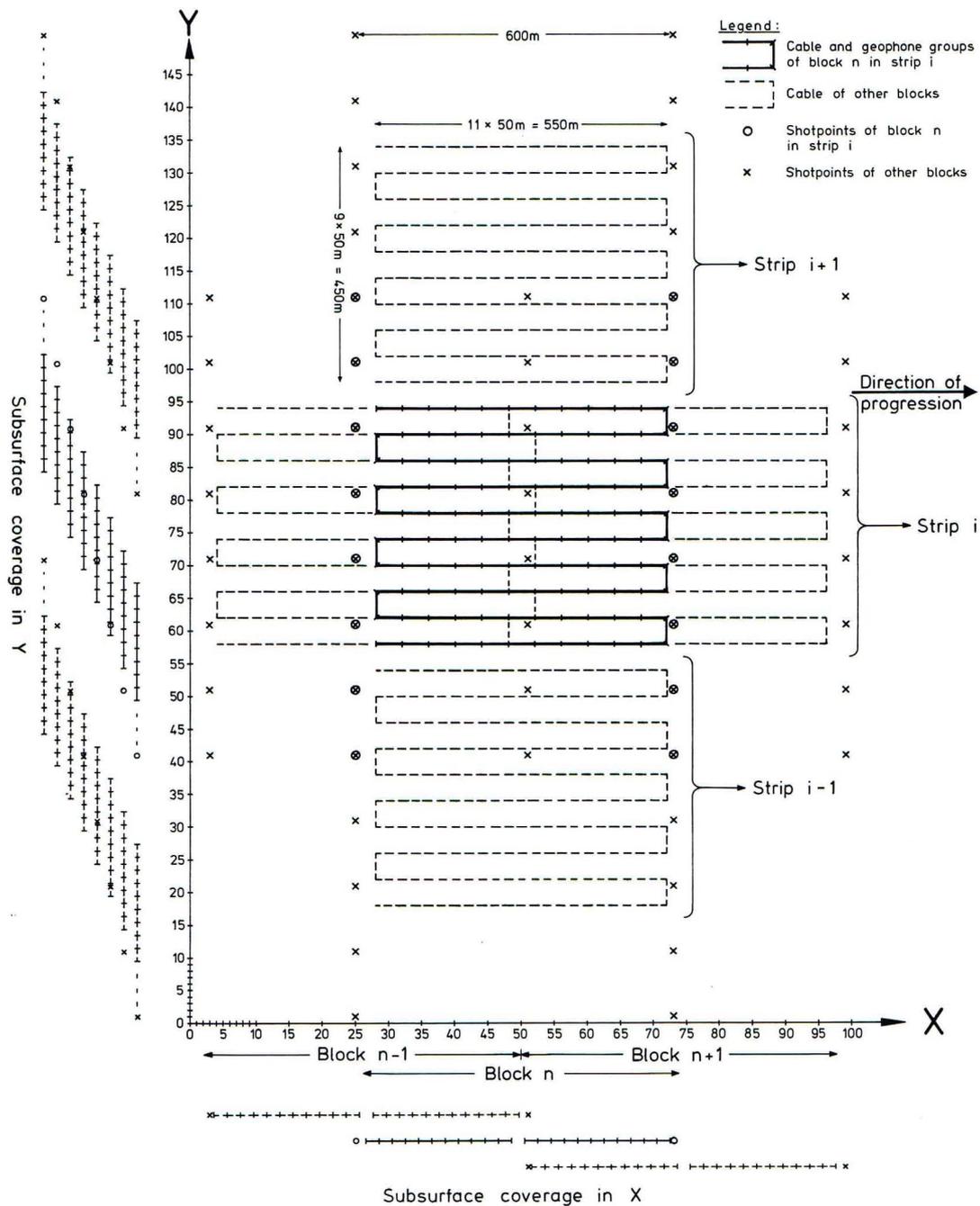


Fig. 1 Aufnahmegeometrie • Field layout

Schuß-Geophon-Richtungen ist durch geeignete Wahl der Überdeckungsgrade in den beiden Richtungskomponenten X und Y den Schichtneigungen oder der Störungstektonik anzupassen.

- Bei früheren 3D-Messungen mit quadratischen Datenpunktrastern von 40 m und 50 m Maschenweite waren nach der 3D-Migration keine höheren Nutzfrequenzen als etwa 60 Hz mehr vorhanden, obwohl in den 8- und 6fach gestapelten Seismogrammen Nutzschnelle von 80 Hz und mehr durchaus noch auftraten. Es hatte sich gezeigt, daß für diesen Frequenzverlust Alias-Effekte im Wellenzahlenbereich verantwortlich zu machen sind*). Aus diesem Grund und im Hinblick auf die steileren Muldenflanken empfahl es sich, die seismischen Informationsspuren wesentlich zu verdichten, und zwar auf ein Datenpunktraster von 12,5 m Seitenlänge. Bei diesem engen Netz von Datenpunkten ist kein Wellenzahlen-Aliasing zu

- In earlier 3-D surveys with square data-point grids of 40 m and 50 m widths no effective signal frequencies higher than about 60 Hz were present after the 3-D migration, although in the 8- and 6-fold stacked seismograms effective signals of 80 Hz and higher do occur. It is apparent that this frequency loss is caused by alias-effects in the wave-number domain*). Because of this, and in view of the steep flanks of the syncline, it is necessary to substantially concentrate the seismic data points, namely to a data-point grid with sides 12.5 m long. In this dense grid of data points wave-number aliasing causes no problems as long as the angles of emergence remain less than 30° at an effective frequency of 100 Hz, and less than 21° at up to 140 Hz.
- Application of a high degree of coverage (e.g. 6-fold) for a data grid of this density would be unavoidably uneconomical. Experience of early 3-D processing

Fig. 2

Scattergramme. Die oberen vier Scattergramme zeigen für den Untergrundbereich von Block n im Streifen i die Verteilung der Datenpunkte sowie die Azimute der Verbindungslinien bei unterschiedlichen Schuß-Geophon-Entfernungen. Das unterste Scattergramm stellt die Summe aller Datenpunkte dar. Neben dem zentralen Block n im Streifen i haben noch folgende randliche Blöcke zur Komplettierung der angestrebten 2fach-Überdeckung beigetragen (s. Fig. 1):

Block n im Streifen i + 1

Blöcke n-1 und n + 1 im Streifen i

Block n im Streifen i-1

The upper four scattergrams show the scatters of different shot-geophone distances as well as the azimuths of these distances for the area of block n in strip i. The lowest scattergram represents the distribution of all data points. Besides the central block n, the following marginal blocks have contributed to the completion of the 2-fold coverage aimed at (s. fig. 1):

Block n of strip i + 1

Blocks n-1 and n + 1 of strip i

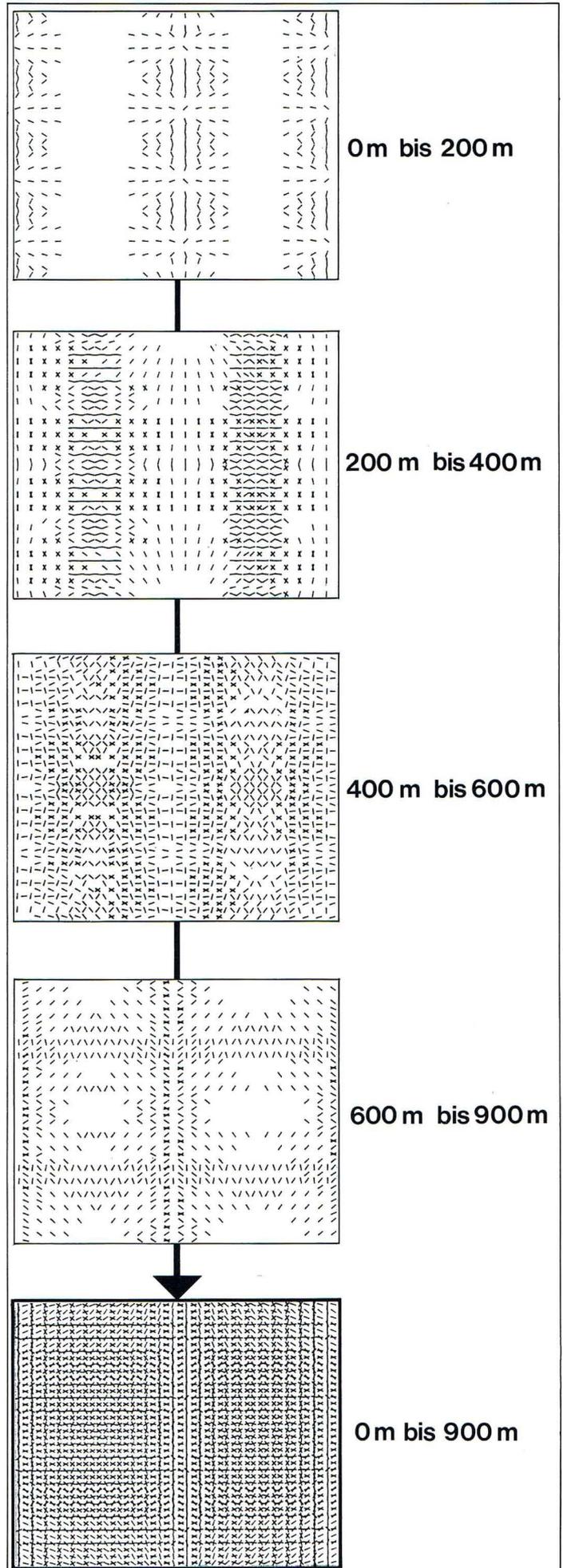
Block n of strip i-1

befürchten, so lange bei einer Nutzfrequenz von 100 Hz die Emergenzwinkel der auftauchenden Strahlen unter 30° und bis 140 Hz unter 21° bleiben.

- Ein Datenraster dieser Dichte wäre bei Anwendung eines hohen Überdeckungsgrades (z. B. 6fach) zwangsläufig unwirtschaftlich. Die Erfahrungen bei früherem 3D-Processing haben jedoch gezeigt, daß eine Unterdrückung von multiplen Reflexionen nicht nur durch die CDP-Stapelung erreicht wird, sondern auch durch die 3D-Migration. Wichtig dabei ist nur, daß die Datenpunkte innerhalb des Kohärenzbereiches der 1. Fresnelschen Zone eine ausreichend große Streuung der Schuß-Geophon-Entfernungen aufweisen. Die Konsequenz: Das enge Datenpunktraster begünstigt die Erhaltung höherer Frequenzen, der Prozeß der 3D-Migration wiederum sorgt für die Unterdrückung der Multiplen und übernimmt damit eine wichtige Funktion des Stapelprozesses.
- Die Aufspaltung einer CDP-Summenspür in Einzelspuren eines kleineren Rasters ist bei gleichbleibender Anordnung der Geophonstation dadurch zu erreichen, daß man als Schußpunktabstand **kein** ganzzahliges Vielfaches des Geophongruppenabstandes wählt.
- Damit bei notwendig werdenden Verlegungen oder Ausfällen von Schußpunkten keine Meßlücken entstehen und zumindest eine einfache Untergrundüberdeckung erreicht wird, wurde für den Regelfall eine 2fache Überdeckung gewählt.

Meßschema

All diese Überlegungen führten zu dem in Figur 1 dargestellten Meßschema. Die Geophonstationen sind in einem quadratischen 50-m-Raster angelegt, während die Schußpunktabstände das 2,5-, 5,5- und 6,5fache der Geophongruppenabstände betragen. Die Schußpunkttraversen liegen an den Stirnseiten der Blöcke, bei Block n in 3/4 und 1/4 Geophongruppenabständen davor, respektive dahinter. (Bei den Blöcken n-1, n+1 usw. ist es umgekehrt.) Alle Blöcke überlappen sich innerhalb eines Streifens jeweils um 50%, sämtliche Streifen schließen sich lückenlos aneinander an. Der



Überdeckungsgrad parallel zur Y-Achse ist 2fach, parallel zur X-Achse 1fach, was eine 2fache Überdeckung ergibt. Pro Quadratkilometer 2fach-überdeckter Untergrundfläche werden $(1000/12,5)^2 \cdot 2/120 = 106,67$ Schußpunkte benötigt.

Die Schuß-Geophon-Entfernungen liegen zwischen 17,7 m und 885,5 m. Die Scattergramme*) von Figur 2 zeigen die flächenhafte Verteilung der einzelnen Entfernungen, und zwar für den Untergrundbereich von Block n (siehe auch Fig. 1). Die für die Multiplenunterdrückung durch die 3D-Migration wichtige Streuung der Schuß-Geophon-Entfernungen ist gewährleistet. Auch scheint ihre Azimutverteilung zur Erfassung der relativ steilen Muldenflanken günstig zu sein. Die Arbeitsrichtung (X) liegt parallel zum variskischen Streichen.

Durchführung

Die Übertragung des Meßschemas in das Gelände bereitete keine Schwierigkeiten. Die geodätischen Arbeiten wurden von 2 Vermessungsingenieuren mit 6 Helfern ausgeführt. Zusätzlich wurde ein Permitman eingesetzt. Zur Erleichterung der Arbeiten wurde ein fiktives Koordinatensystem eingeführt, dessen X-Achse parallel zum variskischen Schichtstreichen lief. Das Geophonraster wurde von einer Basislinie aus mittels Busolenzügen abgesteckt. Die Kontrollen der Parallelität und Orthogonalität der Rasterlinien sowie der absoluten und relativen Lage der Geophonstationen wurden laufend durch optische Entfernungsmessungen, in Waldgebieten durch Rundschlußmessungen, durchgeführt. Die Schußpunkte wurden vom Geophonraster aus abgesteckt. Die Bestimmung der Geländehöhen erfolgte durch Nivellements. An die Lagegenauigkeit der abgesteckten Punkte waren hohe Anforderungen zu stellen. Alle Punkte lagen innerhalb von Fehlerkreisen mit max. 1,5 m Durchmesser. Ein Höhenfehler von $\pm 0,5$ m wurde toleriert. Aus Bebauungsgründen mußte ein Teil der Schußpunkte verlegt werden. Diese Verlegungen erfolgten um ganze 50 m in X- resp. Y-Richtung, um das Datenpunktraster zu erhalten.

Feldtechnik

Günstigste Schußtiefen von 30 m bis 42 m waren bereits von der Linienseismik her bekannt. Schußpattern und Ladungstests ergaben, daß mit Ein-Loch-Schüssen und punktförmigen Ladungen von 0,375 kg bis 0,5 kg Sprengstoff ausreichend gute Seismogramme erzeugt werden konnten. Schußladungen von 0,125 kg bis 0,5 kg Sprengstoff ergaben im Reflexionszeitbereich von ca. 380 ms bis 550 ms (Oberkante Karbon) Nutzfrequenzen bis zu 90 Hz. Größere Schußladungen verringerten die Nutzfrequenzen und verursachten darüberhinaus kräftige Oberflächenwellen des Rayleigh-Typs, die bei Ladungsmengen von weniger als 0,5 kg kaum in Erscheinung traten. Geringere Schußladungen als 0,375 kg ergaben bei Laufzeiten über 750 ms in den Einzelseismogrammen kaum mehr Reflexionsandeutungen.

Die Bohrarbeiten wurden von 7 Geräten des Typs 1002 von PRAKLA-SEISMOS Geomechanik bewältigt. Insgesamt waren für 1200 Schußpunkte rund 42 000 m abzu-bohren, was eine Durchschnittsleistung von 170 m pro Zehnstundentag und Bohrgerät bedeutete.

*) Verteilung der Datenpunkte (= Untergrundpunkte)

has shown, however, that a suppression of multiple reflections is not only achieved by CDP-stack, but also by 3-D migration. It is also important that the data points within the 1st Fresnel coherence zone exhibit a sufficiently large scattering of different shot-geophone distances. Result: the dense data-point grid favours the reception of higher frequencies; the process of 3-D migration suppresses the multiples and therefore takes over an important function of the stacking process.

- The splitting of CDP-stacked traces into single traces of a smaller grid can be achieved without changing the geophone arrangement by selecting a shotpoint spacing which does **not** correspond to whole multiples of the geophone-group spacing.
- A 2-fold coverage was used in order to grant at least a single-fold subsurface coverage in cases when unavoidable shotpoint relocations or even fall-outs would otherwise lead to gaps.

Survey Arrangement

All these considerations lead to the field layout shown in Figure 1. The geophone stations are laid out in a square 50 m grid; the shotpoint distances are 2.5, 5.5 and 6.5 times the geophone-group distances. The shotpoint traverses are located at the front of the blocks; in block n they are 3/4 and 1/4 of the geophone-group distance in front of and behind the block respectively. (In blocks n-1, n+1 etc. it is reversed.) Within each strip adjacent blocks overlap by 50% while the strips themselves are continuously joined, leaving no gaps. The degree of coverage in the Y-direction is 2-fold and in the X-direction singlefold, resulting in a 2-fold overall coverage. In order to cover a subsurface area with 2-fold coverage, $(1000/12,5)^2 \cdot 2/120 = 106.67$ shotpoints are required per square kilometer.

The shot-geophone distances are between 17.7 m and 885.5 m. The scattergrams*) in Figure 2 show the areal distribution of selected distances for the underground region of block n (see also Fig. 1). The wide range of the shot-geophone distances which is essential for the suppression of multiple reflections by 3-D migration is ensured. In addition, their azimuthal distribution appears favourable for detecting the relatively steep syncline flanks. The direction of progress (X) lies parallel to the Variscan trend.

Execution

Transferring the survey scheme from paper to the terrain caused no difficulties. The geodetic work was performed by 2 surveyors assisted by 6 helpers; additionally a permitman was employed. In order to facilitate the work, a fictitious coordinate system was introduced with its X-axis parallel to the Variscan trend. The geophone grid was marked out from a base line using compass bearings. Control of the parallelism and perpendicularity of the grid lines, as well as the absolute and relative positions of the geophone stations, was routinely carried out by optical distance measuring. In wooded area closed traverses were employed. The shotpoints were marked out from the geophone grid. Elevations were determined by levelling to an accuracy of at least ± 0.5 m. The accuracy of the positions of the marked points was maintained at a high level; all the points laid within error circles of maximum 1.5 m radius. Owing to

*) Distribution of data points

Fig. 3
Geophonfigur und Filterkurven für unterschiedliche
Einfalls-Azimute ($0^\circ = 60^\circ = 120^\circ$ und $30^\circ = 90^\circ = 150^\circ$
usw.)

Geophone pattern and filter responses for different
azimuths ($0^\circ = 60^\circ = 120^\circ$ and $30^\circ = 90^\circ = 150^\circ$ a.s.o.)

Auf der Empfangsseite wurden Geophone des Typs SM-7 mit 20 Hz Eigenfrequenz eingesetzt, gebündelt in Gruppen zu 18 Geophonen. Die Dämpfungswiderstände des Kreises Geophongruppe – Kabel – Apparatureingang betragen 10 k Ω , was eine Dämpfung von 65% für das einzelne Geophon bedeutet. Die Geophone waren somit für alle vorkommenden Signalfrequenzen über ca. 28 Hz gleichmäßig empfindlich. Die Geophongruppe als Wellenlängenfilter brauchte daher tieffrequenten Oberflächenwellen nicht mehr entgegenzuwirken. Lediglich die Anteile des dispergierenden Rayleigh-Wellenzuges, die mit höheren Frequenzen und kleineren Wellenlängen wandern, mußten allenfalls noch durch die Geophongruppe unterdrückt werden. Der Gruppendurchmesser konnte deshalb mit 39 m verhältnismäßig klein gehalten werden.

Da bei 3D-Messungen die Oberflächenwellen aus den unterschiedlichsten Richtungen kommend die Geophongruppe durchlaufen, mußte das Geophonpattern möglichst in allen Richtungen eine gleich gute Wellenlängenfilterung bewirken. Figur 3 zeigt das benutzte Geophonpattern sowie seine Filtercharakteristiken für Einfallswinkel von 0° (= 60° , 120° usw.) und 30° (= 90° , 150° usw.). Beide Kurven zeigen, daß Störwellen kleiner als 30 m um mehr als 50% gedämpft werden, wohingegen Nutzenergie mit Wellenlängen größer als 40 resp. 45 m mit 70% ihrer Amplitude passieren. Hochfrequente Nutzwellen, die mit relativ geringer Scheingeschwindigkeit die Erdoberfläche erreichen, werden begünstigt, also die hochfrequenten Reflexionen relativ steil einfallender Schichten.

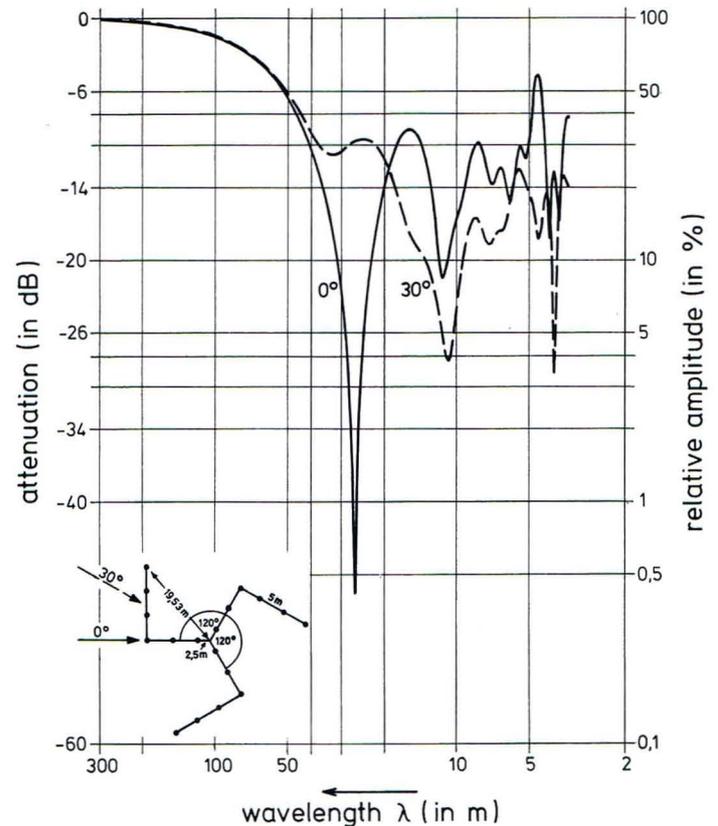
Die Aufnahme erfolgte mit einer 120spurigen DFS V. Als Abtastintervall wurden 2 ms gewählt, als Hochschnitt das Anti-Aliasfilter von 128 Hz bei 70 dB/Okt. Zur Vermeidung von Erdschlüssen wurden besondere Maßnahmen ergriffen. Leckwiderstände von 100 k Ω wurden in keinem Fall unterschritten.

Leistung

Die Statistik brachte es an den Tag: pro 10 Stunden Meßzeit wurden durchschnittlich 27,4 Schüsse abge-
 tan, pro Tag nicht weniger als 145,5 Geophongruppen
 nebst Kabel auf- und abgebaut. Anders ausgedrückt:
 ein Quadratkilometer 2fach-überdeckter Fläche bean-
 spruchte 38,9 Stunden Arbeitszeit.

Korrekturen

Die statischen Korrekturen wurden unter Berücksichtigung der Geländehöhen, Schußtiefen und Aufzeiten sowie unter Benutzung einer Korrekturgeschwindigkeit unterhalb der Verwitterungsschicht von 2500 m/s berechnet. diese Korrekturgeschwindigkeit wurde aus den Ersteinsätzen hergeleitet. Anhand markanter Reflexionen wurden die ermittelten Korrekturwerte entlang der Geophonlinien (X-Richtung) überprüft und ggf. verbessert. Außerdem wurden die Ersteinsätze zur Kontrolle der Korrekturwerte der Y-Richtung herange-



the presence of buildings, a number of shotpoints had to be relocated; however, in order to maintain the data-point grid, the resulting relocations were only 50 m or multiples thereof in both the X- and Y-directions.

Field Technique

From the line-seismic survey it was known that shot depths of 30 m to 42 m were suitable. Shot pattern and charge tests showed that sufficiently good seismograms could be produced using one-hole shots with charges of 0.375 kg to 0.5 kg dynamite. Charges of 0.125 kg to 0.5 kg produced frequencies of up to 90 Hz for reflection times ranging from 380 ms to 550 ms (Top Carboniferous). Larger charges reduce the signal frequency and moreover created strong Rayleigh-type surface waves, which hardly showed up from charges of less than 0.5 kg. Charges less than 0.375 kg produced hardly any more reflection indications in the single seismograms at travel times greater than 750 ms.

Drilling was accomplished by 7 PRAKLA-SEISMOS Geomechanik units of type 1002. Altogether approximately 42,000 m were drilled for 1,200 shotpoints, which gave an average performance of 170 m per 10 hr day per drilling unit.

On the receiver side the geophones, type SM-7 with a natural frequency of 20 Hz, were placed in groups of 18. The damping resistance of the circuit geophone group – cable – instrument input was 10 k Ω , which means a 65% damping for the individual geophone. Consequently the geophones were uniformly sensitive to all signal frequencies occurring over approximately 28 Hz. For this reason the geophone group, acting as a wavelength filter, no longer needed to counteract the low frequency surface waves. Only the parts of the dispersing Rayleigh wave-train which travel with high fre-

zogen, unter Berücksichtigung der nahe den Schußpunkttraversen liegenden Geophongruppen. Der flächenhafte Ausgleich der statischen Korrekturen erfolgte bei der Datenbearbeitung mit Hilfe des Prozesses 3D-ASTA.

Processing

Die Bearbeitung der Meßdaten erfolgte im PRAKLA-SEISMOS-Datenzentrum. Einen Überblick über ihren Ablauf zeigt Figur 4. Die meisten der hier aufgeführten Bearbeitungsschritte wurden von W. Houba in der Ausgabe 2/79 des PRAKLA-SEISMOS-Reports beschrieben. Im gleichen Aufsatz sind auch ein Profil nach 4 verschiedenen Bearbeitungen (Fig. 10a bis 10d) und 5 Zeitscheiben (Fig. 12) aus dem Meßgebiet abgebildet.

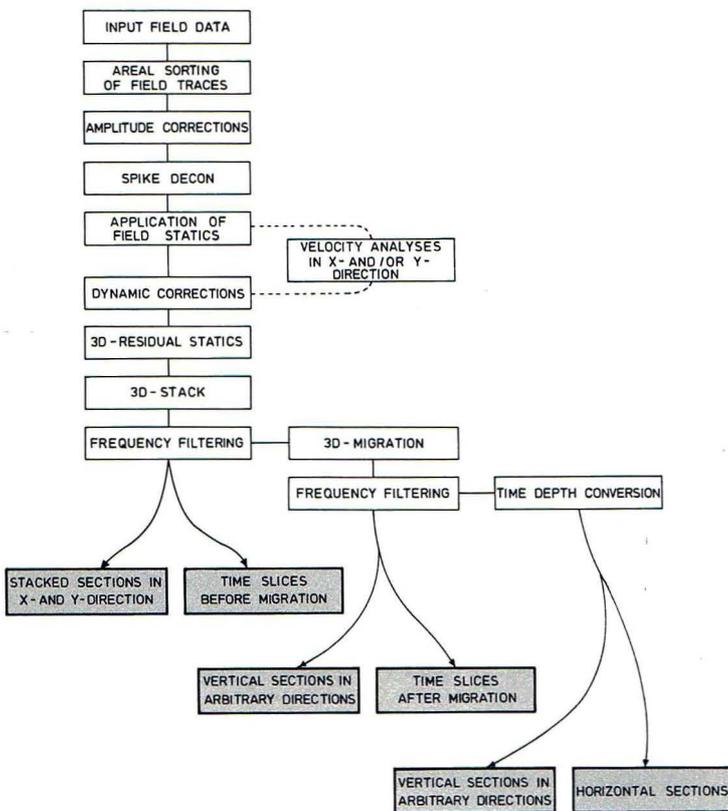


Fig. 4
Ablauf der Datenverarbeitung
Flow diagram of data processing

Interpretation

Eine Auswertergruppe in Hannover übernahm die Interpretation. Dabei waren alle das Meßgebiet betreffende Bohrungen sowie Linienprofile einzubeziehen. Die Auswertung der 3D-Messung gestaltete sich als Wechselspiel zwischen Interpretation der Kulissenprofile in X- und Y-Richtung und Deutung der Horizontalschnitte, der 'Zeitscheiben'. Die in den Profilen ausgewerteten Horizonte und Störungen wurden in die Zeitscheiben übertragen, in diesen weiter verfolgt, dann wieder in die Kulissenprofile zurückübernommen usw. Auf diese Weise gelang es, Mehrdeutigkeiten, insbe-

quencies and short wave-lengths have to be attenuated by the geophone group. The group diameter could therefore be kept comparatively small at 39 m.

In 3-D surveys the surface waves pass through the geophone group from all directions, thus the geophone pattern has to effect an equally good wave-length filtering in all directions. Figure 3 shows the geophone pattern used and its filter characteristics for incidence angles of 0° ($= 60^\circ, 120^\circ$ etc.) and 30° ($= 90^\circ, 150^\circ$ etc.). Both curves indicate that noise waves shorter than 30 m are damped more than 50%, whilst signal energy with wave-lengths longer than 40 to 45 m passes through retaining 70% of its amplitude. High frequency signal waves which reach the earth's surface with relatively low apparent velocity are favoured, i.e. the high frequency reflections from relatively steeply dipping layers.

Recording was made with a 120-trace DFS V instrument. A sample interval of 2 ms and a high-cut filter of 128 Hz with 70 dB/oct were selected. Special precautions were taken in order to avoid leakage. More than 100 k Ω were always maintained.

Performance

The statistics show: an average of 27.4 shots were fired per 10 hr survey time and not less than 145.5 geophone groups, including cable, were picked up and laid out per day. In other words: one square kilometre with 2-fold coverage required 38.9 working hours.

Corrections

The static corrections were calculated taking into account the elevation, shot depths and uphole times, as well as a subweathering correction velocity of 2500 m/s. This correction velocity was derived from the first arrivals. With the aid of prominent reflections (picked up in X-direction) the statics were checked and, if necessary, improved. Moreover, the first arrivals were used as a control of the correction values in the Y-direction considering the geophone groups situated near the shotpoint traverses. The areal adjustment of the static corrections was done by data processing using the 3-D ASTA process.

Processing

The processing of the survey data took place in the PRAKLA-SEISMOS Data Centre. Figure 4 shows the essentials of the process. The majority of these processing steps were described by W. Houba in PRAKLA-SEISMOS Report 2/79. Illustrated in the same article were one profile, processed in four different ways (Fig. 10a to 10d), and five "time slices" (Fig. 12) from the survey area.

Interpretation

This work was undertaken by an interpretation group in Hannover. All data from wells and line surveys related to the survey area were incorporated in the work. The interpretation of the 3-D survey turned out to be an interplay between the evaluation of the echelon profiles in the X- and Y-directions and the computation of the horizontal sections. The horizons and faults, interpreted from the profiles, were transferred to the time slices and then traced through them, after which they were transferred back to the echelon profiles and so on. In this way it was possible to clarify ambiguities, especially in fault

sondere im Bereich von Störungen, aufzuklären. Figur 5 zeigt ein Kulissenprofil in X-, Figur 6 ein anderes in der dazu senkrechten Y-Richtung (s. auch die Seiten 12 bis 14 von „Seismic Interpretation“).

regions. Figure 5 shows an echelon profile in the X-direction and Figure 6 another profile in the perpendicular Y-direction (see also pages 12 to 14 "Seismic Interpretation").

Fig. 5
Vertikale Zeitsektion in X-Richtung
Vertical time section in X-direction

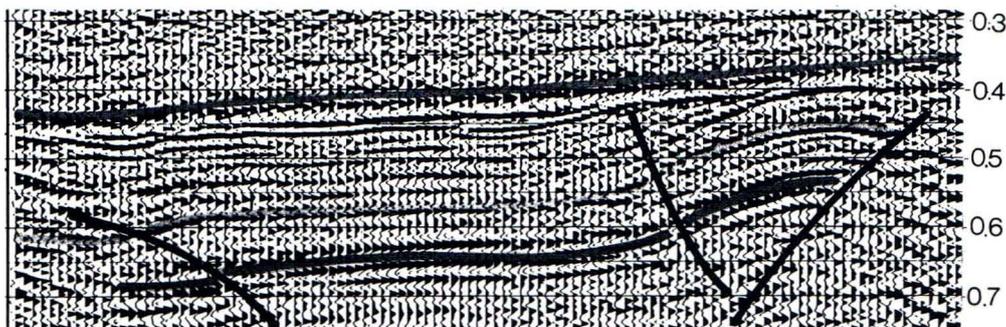


Fig. 6
Vertikale Zeitsektion in Y-Richtung
Vertical time section in Y-direction

Schlußbetrachtung

Die in die Vermessung gesetzten Erwartungen haben sich voll erfüllt:

- Die Vermessung führte zu relativ hochfrequenten Felddatenaufnahmen, die kaum Störwellen und multiple Reflexionen erkennen ließen.
- Die Datenverarbeitung erreichte eine weitere Verfeinerung der Felddaten. Die Zusammenfassung von jeweils vier Datenpunkten zu einem Raster von 25 m Maschenweite und $4 \times 2 = 8$ -fach-überdeckten Datenpunkten (eine Notwendigkeit für den 3D-ASTA-Prozess) bewirkte eine Unterdrückung der Multiplen, ohne daß die hohen Frequenzen beim Migrationsprozess beeinträchtigt wurden (s. Fig. 5 und 6).
- Die Mitteltektonik in den einzelnen Schollen konnte weitgehend aufgegliedert werden. Im oberen Karbonbereich gelang es, Störungen von erheblich weniger als 25 m Sprunghöhe zu erfassen.

Auch in Zukunft wird es notwendig sein, Untersuchungsstrecken unter Tage voranzutreiben, da Kleintektonik durch seismische Übertagemessungen nicht erfassbar ist. Aber diese kostspieligen Arbeiten werden jetzt weit zielvoller angesetzt werden können.

Final Remarks

The expectations set in the survey were completely fulfilled:

- The survey gave relatively high-frequency field recordings which revealed hardly any noise and multiple reflections.
- The data processing attained a further refinement of the field data. The concentration of 4 data points to one grid square of 25 m width leading to a $4 \times 2 = 8$ -fold data point coverage (a necessity for the 3-D ASTA process) produced a suppression of multiples by the migration process without the high frequencies being impaired (see Fig. 5 and 6).
- The medium tectonics within the individual blocks could largely be revealed. In the Upper Carboniferous it was possible to recognize faults with throws of considerably less than 25 m.

As in the past, it will be necessary in the future to drive test galleries, as small tectonic faults cannot be detected by surface seismics. However, the costly driving of galleries can now be executed with much more precision and therefore efficiency.

Auswertung 3D-seismischer Ergebnisse für die Kohle

K. Lemcke

Seit 1975 werden für den deutschen Steinkohlenbergbau von unserer Gesellschaft 3D-seismische Messungen und deren Auswertung durchgeführt. Art der Feldaufnahme und des Processings mußten den Erfordernissen dieser modernen Technik angepaßt werden, worüber im Report bereits mehrfach berichtet wurde. Es lag daher nahe, auch die Auswertungsmethoden zu modifizieren, um der Herausforderung, die die Einführung der 3D-Seismik mit sich bringt, gerecht zu werden.

Was bietet „3D“ für die Auswertung?

Die Vorteile, die sich aus der Anwendung der 3D-Seismik für die Auswertung ergeben, sind beträchtlich:

Ein wesentlicher Punkt ist die große Informationsdichte. Der Abstand zwischen den Seismogramm-Sektionen kann auf 50 m oder weniger – eine Grenze ist lediglich durch den Abstand der Untergrundpunkte gegeben – reduziert werden. Damit erhöht sich sowohl die Aussagegenauigkeit als auch die Aussagesicherheit einer Interpretation.

Ein weiterer Vorteil liegt in der Verfügbarkeit echt vertikaler Seismogramm-Sektionen, ein Ergebnis der 3D-Migration. Es ist wohl allgemein bekannt, daß in Gebieten, in denen die reflektierenden Schichten geneigt sind und Störungen aufweisen, Vergitterungsprobleme mit Horizonten bzw. Störungen auftreten, die zu Fehlerkorrelationen führen können. Diese Probleme wurden durch die Einführung 3D-migrierter Sektionen gelöst.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil besteht darin, daß für die Auswertung eine neue Dimension in Form der **horizontalen Sektionen** erschlossen wurde. Für den Prozeß der 3D-Finite-Difference-Migration ist es erforderlich, die zunächst vertikal und spurweise geordneten Daten umzusortieren in Daten gleicher Laufzeit. Sowohl vor als auch nach der 3D-Migration ist es daher möglich, horizontale Zeitsektionen im Sample-Abstand abzuspielen.

Eine Serie solcher 3D-migrierter Zeitsektionen in 10 ms Abständen ist für den Zeitbereich zwischen 410 und 580 ms auf Seite 4 abgebildet. Ihre Auswertung wurde durch Vertikalsektionen in 500 m Abstand stabilisiert. Farblich angelegt wurden die Deckgebirgsbasis (grün), vier Horizonte des Oberkarbons (violett, blau, gelb und braun) sowie wesentliche Abschiebungen. Der Kontrast

Interpretation of 3-D Seismic Data for Coal

Since 1975 our company has been carrying out 3-D seismic surveys and the related interpretations for the German coal mining industry. Field recording and processing had to be adapted to the requirements of this modern technique, about which repeated accounts have been published in the Report. The resulting consequence was the modification of the interpretation in order to meet the challenge which arose from the introduction of 3-D seismics.

What has "3-D" to offer for the Interpretation

The advantages for the interpretation which result from the application of 3-D seismics are considerable:

A fundamental point is the large information density. The interval between the seismogram sections can be reduced to 50 m or less – a limit is set solely by the subsurface data-point intervals. Thereby both accuracy and reliability of an interpretation are increased.

A further advantage is the availability of true vertical seismogram sections, a result of 3-D migration. It is generally known that in areas in which the reflecting layers dip and show faults, tying problems arise with respect to the horizons and faults, which can lead to errors in correlation. These problems were solved with the introduction of 3-D migrated sections.

Yet a further fundamental advantage is that for the interpretation a new dimension is made accessible in the form of **horizontal sections**. For the process of the 3-D Finite-Difference-Migration it is necessary to re-sort the "vertical" trace-by-trace data into "horizontal" data of equal travel times. Therefore, it is possible to produce horizontal time sections in steps of the sampling rate, both before and after the 3-D migration.

Illustrated on page 4 is a series of such 3-D migrated time sections at 10 ms intervals for the time range between 410 and 580 ms. Their interpretation was controlled by vertical sections at 500 m intervals. Shown in colour are the base of overburden (green), four horizons of the Upper Cretaceous (violet, blue, yellow and brown), as well as important normal faults. The contrast between the flat layered overburden and the folded and faulted Carboniferous structures appears very clearly from 410 to 440 ms. Synclinal structures are recognized by their reduction in size with increasing travel time (see blue horizon from 450 to 550 ms), anticlinal structures by their increase (see yellow horizon from 450 to 480 ms).

Far more important for the interpretation, however, is the fact that the horizontal slices give valuable information about the strike of already known faults, and furthermore yield indications of previously unknown faults. After a time-depth conversion, we obtain horizontal depth sections which are directly comparable with the level plans of the mine area.

Considering these advantages we can see that these horizontal sections, a former by-product of the Finite-Difference-Migration, will become a valuable and indispensable aid in 3-D interpretation.

Mastering the Flood of Data

By the introduction of the horizontal sections, a further data influx is added to the enormous quantity of data which already exists in the form of various processing

zwischen flach gelagertem Deckgebirge sowie gefalteten und gestörten Karbonstrukturen tritt zwischen 410 und 440 ms recht deutlich in Erscheinung. Muldenstrukturen erkennen wir an ihrer Verkleinerung mit zunehmender Laufzeit (siehe blauer Horizont von 450 bis 550 ms), Sattelstrukturen an ihrer Vergrößerung (siehe gelber Horizont von 450 bis 480 ms).

Weit wichtiger für die Auswertung ist jedoch die Tatsache, daß die Horizontalschnitte sehr wertvolle Hinweise für das Streichen bereits bekannter Störungen liefern und darüber hinaus Indikationen bisher unbekannter Störungen. Nach einer Zeit-Tiefenwandlung erhalten wir horizontale Tiefensektionen, die unmittelbar vergleichbar sind mit den horizontalen Rissen der Grubenfelder.

In Anbetracht dieser Vorzüge horizontaler Sektionen ist schon jetzt zu sagen, daß sich die Horizontalschnitte vom ursprünglichen Nebenprodukt der Finite-Differenz-Migration zu einem unverzichtbaren Hilfsmittel 3D-seismischer Auswertung entwickeln werden.

Bewältigung der Datenflut

Zu den gewaltigen Datenmengen, die in Form unterschiedlicher Processing-Versionen sowie in Form von Horizonten, Störungen und deren vollständiger Vergitterung zusammenfließen, kommt durch die Einführung der horizontalen Sektionen ein weiterer Datenstrom hinzu. Nur durch Einbeziehung eines Computer-Systems ist dieser Datenfülle sinnvoll zu begegnen.

Das Ziel des in Teamarbeit entwickelten Konzepts für die computergestützte Auswertung 3D-seismischer Ergebnisse bestand also darin, die in großem Maße anfallenden Routinarbeiten, wie z. B. Vergittern, Plotten und Contourieren, dem Auswerter teilweise bzw. vollständig abzunehmen. Ein **Interaktives System**, das im wesentlichen aus Digitalisierertisch, graphischem Bildschirm und Plotter besteht und mit dem neuentwickelten Programm COMAI gesteuert wird (s. Report 1/80), bewältigt jetzt diese Aufgabe.

Wie funktioniert das ganze? Zunächst wird eine grobe, noch nicht abgeschlossene Korrelation von Horizonten und Störungen in konventioneller Art auf Seismogramm-Sektionen vorgenommen. Die ausgewerteten Horizonte und Störungen werden dann mittels Pen digitalisiert und auf einem graphischen Bildschirm kontrolliert. Um später auch Störungen auf dem Bildschirm oder Plotter getrennt untersuchen zu können, müssen diese auch gesondert codiert eingegeben werden.

Die Verknüpfung vertikaler und horizontaler Sektionen, d. h. die exakte, sektionsweise Übertragung von Durchstoßpunkten der Horizonte und Störungen in horizontale Zeitschnitte, ist manuell recht aufwendig. Der Plotter kann im Sample-Abstand Horizontalschnitte ausgeben (s. Fig. 1). Die Signatur der Durchstoßpunkte gibt an, ob es sich um

- Horizonte
- Überschiebungen
- Abschiebungen
- allgemeine Störungsflächen

handelt. Die Plotterausgaben werden nun auf dem Leuchttisch mit gleichmaßstäblichen Horizontalsektionen zur Deckung gebracht, um die bisherige Auswertung zu kontrollieren und gegebenenfalls zu ändern.

versions as well as in the form of horizons, faults and their internal tyings. This data wealth can only be reasonably dealt with when a computer system is included in the process.

The purpose of this team-developed concept for a computer-aided interpretation of 3-D seismic data is therefore to reduce to a large extent the interpreter's present routine work, e. g. tying in, plotting and contouring. An **interactive system** that essentially consists of a digitizer, a graphic display and a plotter, and is controlled by the newly developed COMAI program (see Report 1/80), now manages this function.

How does the whole set-up work? In the first instance a rough, incomplete correlation of horizons and faults is undertaken in the conventional way on seismogram sections. The interpreted horizons and faults are then digitized by means of an electronic pencil and controlled on a graphic display. The faults must be separately coded and entered so that later it is possible to examine them individually on the screen or plotter.

The tying together of vertical and horizontal sections, i. e. the exact transfer section by section of the penetration points of horizons and faults into the horizontal time slices, done in the conventional manner, would be very time-consuming. The plotter can produce horizontal sections corresponding to the sample interval (see fig. 1). The sign of the penetration point indicates what it is, whether

- horizon
- reverse fault
- normal fault
- general fault plane.

The print-outs of the plotter are now laid on a light-table and covered with horizontal sections of the same scale in order to control and, if necessary, alter the to date interpretation.

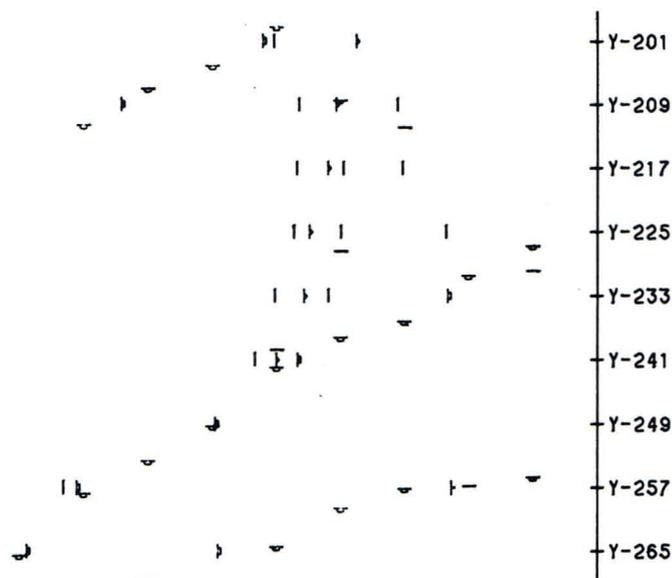


Fig. 1
Durchstoßpunkte von Horizonten und Störungen in einem horizontalen Zeitschnitt (Ausschnitt), ausgedruckt vom Plotter

Penetration points of horizons and faults in a horizontal time section, printed out by a plotter

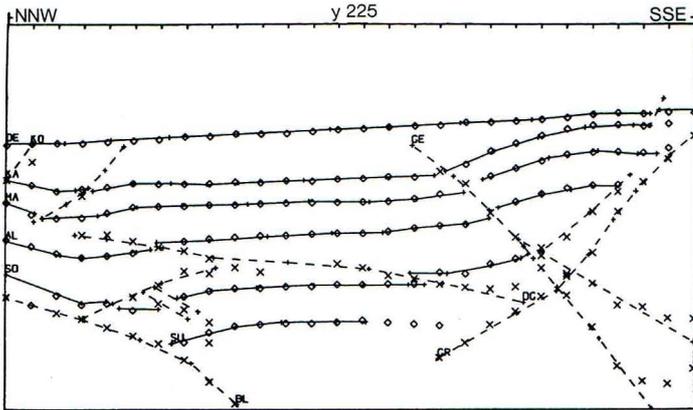


Fig. 2
Hard Copy einer Vertikalsektion mit den automatisch ermittelten Vergitterungen (Vierecke für Horizonte, Kreuze für Störungen)
Hard copy of a vertical section with automatically computed tyings (squares for horizons and crosses for faults).

Die systematische Ausgabe von Vertikalsektionen über Bildschirm, Hardkopie oder Plotter gestattet die Aufdeckung von Vergitterungsfehlern. Die automatisch berechneten Vergitterungen der Horizonte sind durch kleine Vierecke, die der Störungen durch Kreuze dargestellt (s. Fig. 2). Unstimmigkeiten müssen durch Neudigitalisierung der entsprechenden Segmente in den Seismogramm-Sektionen beseitigt werden, worauf die Berechnung der neuen Vergitterungsdaten, wiederum automatisch, erfolgt. Ebenfalls möglich ist eine flächenhafte Ausgabe von Vergitterungsdifferenzen, be-

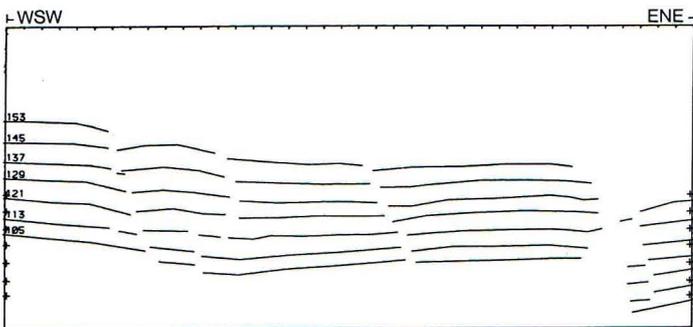


Fig. 3
Darstellung ein und desselben Horizontes aus sieben Parallelsektionen
Presentation of the same horizon, extracted from seven parallel sections

zogen auf einen bestimmten Horizont, um fehlerhafte Bereiche zu erkennen bzw. einzugrenzen.

Rufen wir einen Horizont aus mehreren Parallelsektionen auf dem Bildschirm ab, so erhalten wir eine weitere Möglichkeit, die Auswertung zu überprüfen. Die Horizonte lassen sich im Refresh-Mode des Tektronix-Bildschirms nämlich so verschieben und darstellen, daß statistische Vergleiche der Horizontneigungen oder der Sprungbeträge von Störungen möglich sind (s. Fig. 3).

The systematic display of vertical sections using the screen, plotter or hard disc permits the exposure of tying errors. The automatically calculated tyings of horizons and faults are represented by small squares and crosses respectively (see fig. 2). Discrepancies must be

Fig. 4
Automatisch dargestellter Zeitplan eines Horizontes. Die starke Kurvendichte rechts zeigt eine Störung an
Automatically computed time contour map of a horizon. The high curve density on the right side indicates a fault

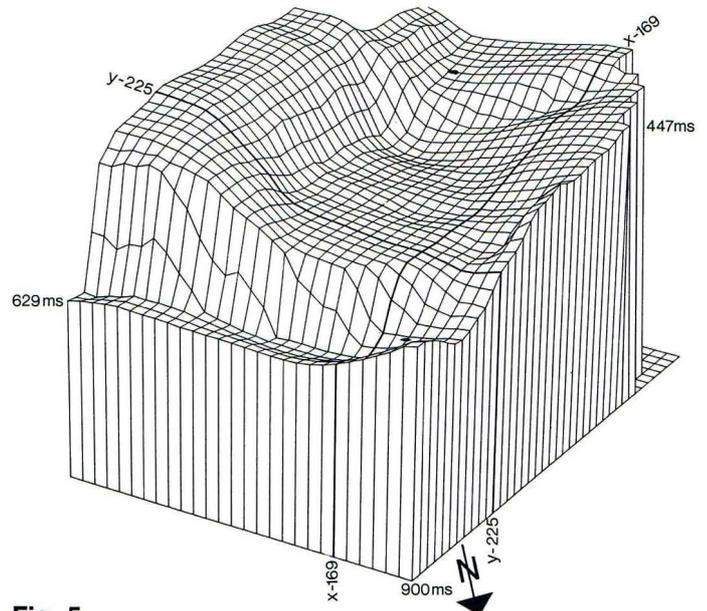
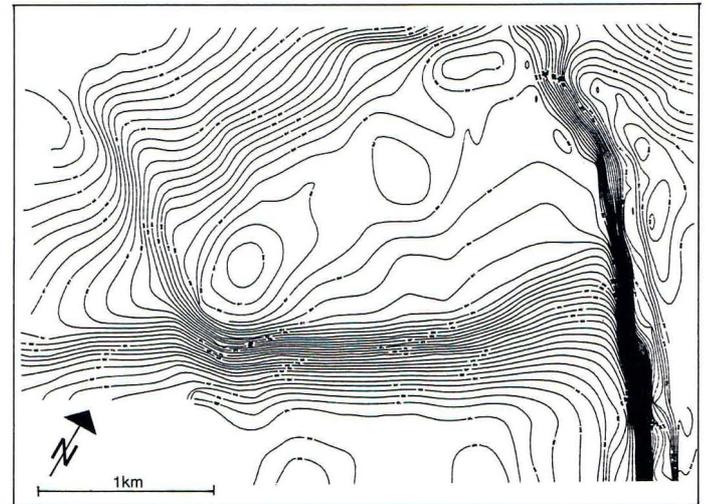


Fig. 5
3D-Blockdiagramm, eine räumliche Darstellung des gleichen Horizontes. Die Störung kommt hier in einer steilen Böschung zum Ausdruck
3-D block diagram, a spatial presentation of the same horizon. Here the fault is indicated by a steep slope

removed by new digitalization of the corresponding parts of the seismic sections, whereupon the calculation of the new tying data follows, again automatically. An areal presentation of tying discrepancies, with respect to a particular horizon, is possible in order to recognize and delimit faulty areas.

Als sehr zeitsparend und geeignet für zwischenzeitliche Kartierungen und Berichte erweisen sich die automatisch und damit objektiv gezeichneten Pläne ausgewählter Horizonte (s. Fig. 4). Das dafür geschriebene Contouring-Programm berücksichtigt keine Störungen; größere Sprungbeträge kommen allerdings über eine Linienverdichtung zum Ausdruck. Sämtliche Störungen könnten in einem gesonderten Störungsplan automatisch ausgegeben und als „Overlay“ zu den o. g. Zeitplänen benutzt werden.

Mit Hilfe eines speziellen 3D-Programms können die auf ein Gitter interpolierten Zeit- bzw. Tiefendaten eines Horizontes perspektivisch dargestellt werden (s. Fig. 5). Die Wahl verschiedener Blickpunkte, Maßstäbe und Filter ermöglicht die Herstellung übersichtlicher und anschaulicher 3D-Blockdiagramme. Zeitplan (Fig. 4) und Blockdiagramm (Fig. 5) stellen den gleichen Karbonhorizont eines Meßgebietes dar.

We can pick a horizon from several parallel sections on the screen, and in this way we are given a further possibility of examining the interpretation. The horizons can be shifted and presented in the refresh-mode of the Tektronix display in such a way that allows us to compare the horizon dips and the size of the fault throws (see fig. 3).

The automatically and thereby objectively drawn maps of selected horizons (see fig. 4) turn out to be very time-saving and suitable for interim mappings and reports. The contouring program does not consider faults; large throws however are revealed by increased line densities. All faults can be automatically presented on a separate fault map, which may be used as an overlay on the above mentioned time maps.

Using a special 3-D program the gridded interpolated time and depth data of a horizon can be perspectively presented (see fig. 5). The choice of different view directions, scales and filters enables a presentation of a clear 3-D block diagram. The time map (fig. 4) and block diagram (fig. 5) represent the same Carboniferous horizon of a survey area.

Flözwellenseismik

Stand und Entwicklung

Dr. K. O. Millahn

Bevor es mit Hilfe geologischer und geophysikalischer Verfahren gelang, indirekte Aufschlüsse über den Gebirgsaufbau untertage zu erhalten, war es „hinter der Hacke“ tatsächlich so „duster“, wie es ein alter Bergmannsspruch behauptet. Im folgenden sei ein Überblick über jene geophysikalischen Verfahren gegeben, die einen besonderen Beitrag zur Aufhellung der Zonen hinter dem „Stoß“ geleistet haben und die wir unter dem Begriff Flözwellenseismik zusammenfassen. Dabei gehen wir besonders auf die Ergebnisse eines Forschungsvorhabens der Ruhrkohle AG) ein, das, im Jahre 1978 begonnen, eine Laufzeit von drei Jahren umfaßt und durch das die Möglichkeiten und derzeitigen Grenzen der „Flözwellenseismischen Vorfelderkundung mit Hilfe digitaler Meßwerterfassung“ abgesteckt werden sollen. Die Messungen, die Bearbeitungen und die Programmentwicklung werden von PRAKLA-SEISMOS durchgeführt.*

In-Seam Seismics – Position and Development

Prior to the successful application of geological and geophysical methods to achieve indirect information about the subsurface structure, an old German mining proverb was right in maintaining: “It’s pitch-dark behind the pickaxe”. The following describes the geophysical methods grouped under the heading in-seam seismics, which have provided an important contribution in the illumination of the zone behind the face. We consider in particular the results of a research project by the Ruhrkohle AG, which began in 1978 for a duration of three years. The project is aimed at marking out the potential and the present limitations of “in-seam seismic forefield reconnaissance using digital techniques”. The measurements, processing and program development are carried out by PRAKLA-SEISMOS.

Digitale Untertageseismik

Die Möglichkeiten der digitalen Aufnahmetechnik konnten für die Untertageseismik lange Zeit nicht genutzt werden, weil die Apparaturen nicht den strengen Sicherheitsbestimmungen genügten, die für den Einsatz im Bergbau eingehalten werden müssen. Erst im Jahre 1977 gelang es, eine digitale DFS V-Aufnahme-

Digital In-Seam Seismics

Until now digital recording techniques could not be used in mines because the instruments did not meet the high safety standards which have to be fulfilled. Only in 1977 was a firedamp-proof recording unit built with 24 channels and a sampling rate of 1/2 ms (see: “A New Firedamp-Proof Instrument for In-Seam Seismics in Coal

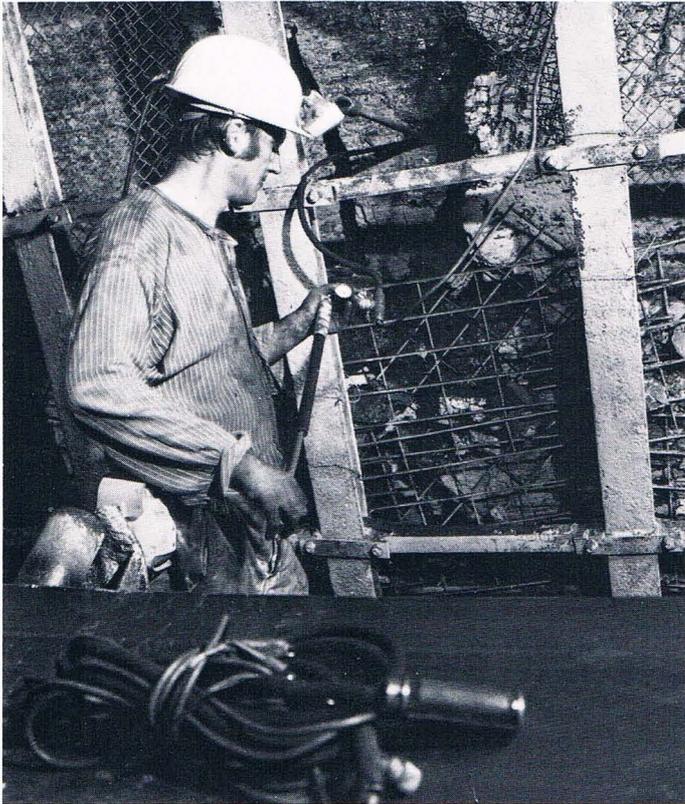


Fig. 1
Bergmann beim Einbringen von Zwei-Komponenten-Geophonen in den Stoß
Miner planting two-component geophones into the seam

apparatur mit 24 Kanälen und einer Abtastrate von 1/2 ms mit dem erforderlichen Schlagwetterschutz zu versehen. (Siehe „A New Firedamp-Proof Instrument for In-Seam Seismics in Coal Mining“, J. W. P. Klar, H. H. V. Arnetzl.) Schlagwetterschutz bedeutet, daß alle Module von einem Schutzgas aus Stickstoff umspült werden, das ein Funkenüberspringen verhindert. Die Apparatur ist erst dann betriebsbereit, wenn das Schutzgas die gesamte Apparatur mit dem Fünffachen ihres Volumens (ca. 2,5 m³) durchspült und die Luft daraus verdrängt hat und das Schutzgassteuergerät die Hauptschalter entriegelt. Geringe Gasverluste während des Meßvorganges werden vom Schutzgerät ausgeglichen. Sinkt der Gasdruck unter einen bestimmten Schwellenwert, werden die elektrischen Hauptschalter ausgeschaltet und verriegelt. Dies geschieht auch, wenn der Gasdruck einen oberen Schwellenwert überschreitet. Die gesamte Apparatur mit Zündgerät, Akkus und Gasflaschen wiegt 2,5 t. (Das Titelbild zeigt die aufgebaute Apparatur.) Der Anti-Alias-Filter schneidet die Frequenzen bei 3/4 der Nyquistfrequenz ab, so daß Frequenzen bis zu 750 Hz registriert werden können.

Als Aufnehmer werden Geophonsysteme für zwei Horizontalkomponenten verwendet, die von der Westfälischen Berggewerkschaftskasse Bochum und unserer Gesellschaft entwickelt wurden. Diese Geophone (Fig. 1) werden in horizontale, etwa 2 m tief in Flözmitte vorgetriebene Bohrlöcher eingebracht und pneumatisch an die Bohrlochwandung angepreßt. Die Y-Komponente zeigt ins Flöz hinein, die X-Komponente steht hierzu senkrecht und verläuft parallel zum Stoß. Durch diese Anordnung werden vor allem Kanalwellen vom Love-Typ registriert.

Mining“, J. W. P. KLAR, H. H. V. ARNETZL). In this case firedamp-proof means that each module is flushed with nitrogen gas in order to prevent the propagation of electrical sparks. The equipment is put into operation when the complete system has been flushed with a gas volume which corresponds to five times its volume (ca. 2.5 m³), thus ensuring that no air is present within the system. Only then is the master switch opened by the gas control unit. Minor variations of gas pressure during operation are adjusted by the control unit. When the pressure falls below a certain threshold value the master switch is closed and locked, this also happens whenever the pressure exceeds an upper threshold limit. The complete recording unit including detonation unit, batteries, and gas cylinders weighs 2.5 tons (the front cover shows the recording system). The anti-alias-filter cuts off at ³/₄ Nyquist frequency which means that we can record frequencies up to 750 Hz.

The geophone system for two horizontal components was developed in cooperation with WBK*) (Fig. 1). It is pneumatically clamped to the wall of a hole drilled horizontally to a depth of about 2 m in the middle of the seam. The X-component is orientated parallel to the coal face, the Y-component points into the seam. With this arrangement we record mainly Love-type seam waves.

In terms of conventional surface seismics the coal face corresponds to the earth's surface, our Y-component corresponds to a vertical geophone, and our X-component corresponds to a horizontal geophone orientated in the direction of the profile. With this system several transmission and reflection measurements were performed recently for Ruhrkohle AG.

What is a Seam Wave?

A coal seam differs markedly in its elastic properties and its density from the neighbouring rock. The ratios of compressional velocities V_p (rock)/ V_p (coal) and densities ρ (rock)/ ρ (coal) vary between 1.5 and 2.5. The coal seam, embedded in the neighbouring rock, acts as a channel: seismic energy generated within the seam will be bound to the seam and will propagate mainly within the seam, only small amounts of it will leak into the rock.

Seam waves, which are also called channel waves, are generated by seismic body waves which are reflected from the upper and lower coal-rock interfaces several times and interfere constructively. We discriminate

- compressional waves = P waves
- shear waves = S waves
 - vertically polarized = SV waves
 - horizontally polarized = SH waves

P and SV waves build up seam waves of the Rayleigh-type, whilst Love-type waves, which are of foremost interest to us, consist only of SH waves. Both wave types show dispersion, i. e. their velocity depends on frequency.

In-seam seismics utilizes two types of measurements in which seismic waves are generated within the coal seam, guided by the seam, and recorded in the seam:

- With **transmission measurements** we can detect tectonic faults in the seam and estimate their throw.
- With **reflection measurements** we can locate tectonic faults.

Both procedures will be explained in the following.

Beschreibt man den Meßaufbau mit den geläufigen Begriffen aus der Übertageseismik, so entspricht der Kohlestoß der Erdoberfläche, die Y-Komponente korrespondiert mit dem Vertikalgeophon, und die X-Komponente wäre der Schwingungsrichtung eines in Profilrichtung orientierten Horizontalgeophons gleichzusetzen.

Mit diesen Meßgeräten sind in letzter Zeit zahlreiche Durchschallungs- und Reflexionsmessungen für die Ruhrkohle AG durchgeführt worden.

Was sind Flözwellen?

Das Kohleflöz unterscheidet sich in seinen elastischen Parametern und seiner Dichte sehr deutlich vom Nebengestein. Die Werte für die Verhältnisse der Kompressionswellengeschwindigkeiten v_p (Nebengestein) zu v_p (Kohle) und der Dichten ρ (Nebengestein) zu ρ (Kohle) liegen zwischen 1,5 bis 2,5. Das Kohleflöz, eingebettet im Nebengestein, wirkt daher wie ein Kanal: In das Flöz eingebrachte seismische Energie breitet sich vor allem im Flöz aus, nur wenig davon gelangt in das Nebengestein.

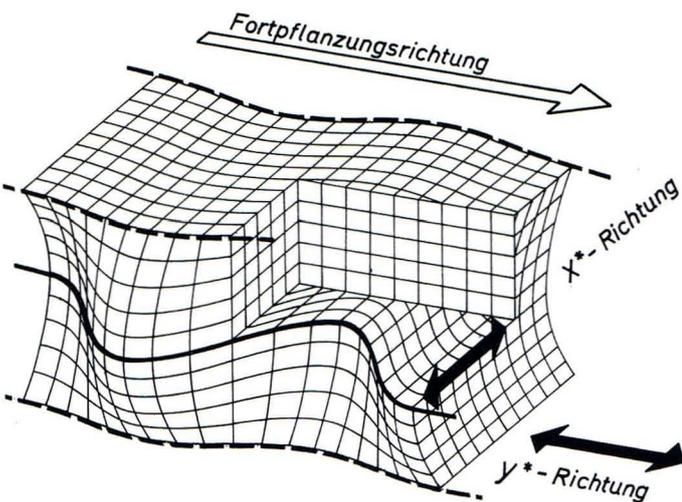


Fig. 2
Symmetrische Love-Welle. Auslenkung nimmt vom Zentrum des Flözes nach oben und unten hin ab

Symmetric Love-wave. Displacement decreases away from the centre of the seam towards the top and the bottom

Flözwellen, die wir im folgenden auch als Kanalwellen bezeichnen, entstehen durch Raumwellen, die mehrfach am Hangenden und Liegenden des Flözes reflektieren und dabei konstruktiv interferieren. Wir unterscheiden:

- Kompressionswellen = P-Wellen
- Scherwellen = S-Wellen
 - vertikal polarisiert = SV-Wellen
 - horizontal polarisiert = SH-Wellen

Aus P- und SV-Wellen entsteht die Flözwellen vom Rayleigh-Typ. Die Flözwellen vom Love-Typ (Fig. 2), die uns hier besonders interessiert, wird allein aus SH-Wellen gebildet. Beide Wellentypen dispergieren, d. h. ihre Ausbreitungsgeschwindigkeit hängt von der Frequenz ab.

Transmission

Figure 3 shows 24 traces of a transmission survey which contain the most prominent wave types. The geometry of the measurement is depicted in Fig. 4. The first onset in Fig. 3 is the P wave which propagates in the surrounding rock (but coupled to the seam), whilst the S wave leads the waves guided by the seam. The most conspicuous broad high frequency arrival is the so-called Airy-phase. This phase is associated with a stationary value of the group velocity (Fig. 6): waves within a relatively broad frequency band (here around 400 Hz) arrive simultaneously and build up large amplitudes which decay less with increasing distance than the amplitudes of other arrivals. The frequency of the Airy-phase depends on the thickness of the seam: the thinner the seam the higher the frequency.

These three clear arrivals – P wave, S wave, Airy-phase – exhibit distinct frequency content. Fig. 5 shows the result of a time-frequency analysis of a single trace from a similar transmission. The P wave starts at about 70 ms with frequencies between 200 and 220 Hz; its reverberations tend towards higher frequencies. The S wave begins at around 120 ms with frequencies between 220 and 280 Hz. The Airy-phase appears at 200 ms and is characterized by frequencies between 400 and 500 Hz.

When we receive this high frequency Airy-phase we can conclude that within the sampled wave range there are no obstacles (tectonic fault, unproductive or eroded seam, washout) whose size exceeds the thickness of the seam. Conversely we can state: when we do not record the Airy-phase then the seam is interrupted by a fault which displaces the seam by an amount greater than the seam thickness.

Transmission data can therefore be used to detect the presence of major faults or obstacles. The location of such faults, however, can be achieved only from reflection surveys. That does not mean that transmission measurements can be dispensed with, on the contrary, they are the only means to obtain exact velocities, which

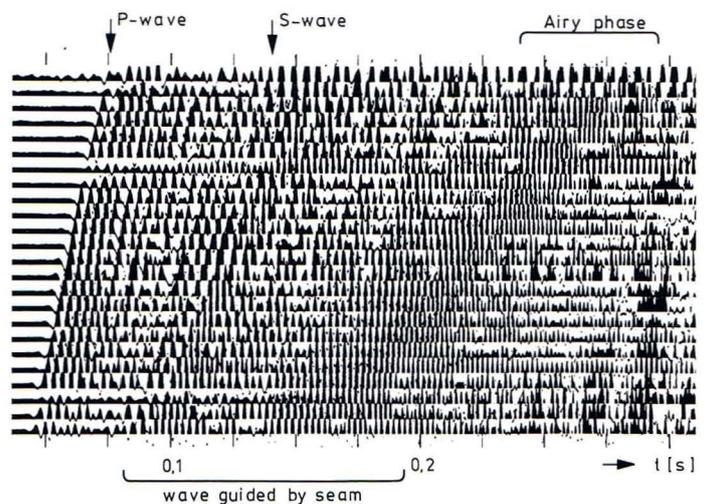


Fig. 3
X-Komponente einer Durchschallung. Laufwege 176–310 m
X-component of a transmission survey. Distances 176–310 m

Die Flözwellenseismik verwendet zwei Meßverfahren, bei denen seismische Wellen im Flöz angeregt, durch das Flöz geführt und in demselben Flöz registriert werden:

- Mit **Durchschallungsmessungen** können tektonische Störungen im Flöz nachgewiesen und deren Sprunghöhen abgeschätzt werden.
- Mit **Reflexionsmessungen** können tektonische Störungen im Flöz darüber hinaus in ihrer Lage bestimmt werden.

Beide Verfahren werden im folgenden näher erläutert.

Durchschallungsmessung

Fig. 3 zeigt 24 Spuren einer Durchschallung, die deutlich die wichtigsten Wellentypen erkennen lassen. Die Geometrie dieser Messung ist aus Fig. 4 zu ersehen.

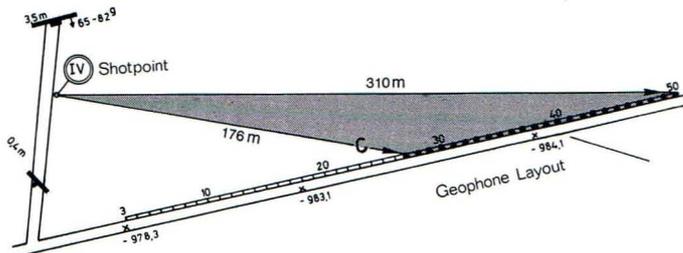


Fig. 4
Lageplan der Durchschallungsmessung
Plan view of transmission survey

Der Ersteinsatz in Fig. 3 wird von der Kompressionswelle gebildet (P-Welle), die sich vorwiegend im Nebengestein ausbreitet. Die S-Welle leitet die im Flöz geführten Wellen ein, deren auffälligste Gruppe die hochfrequente sogenannte Airy-Phase ist. Wir verstehen darunter jene Wellen, die trotz unterschiedlicher Frequenzen eine stationäre, d. h. relativ konstante Gruppengeschwindigkeit aufweisen (s. Fig. 6), was zur Folge hat, daß die Wellen mit den hohen Frequenzen der Airy-Phase (um 400 Hz) zeitgleich ankommen und sich damit zu relativ hohen Amplituden addieren, die bei zunehmender Laufzeit langsamer abnehmen als die Amplituden der übrigen Einsätze. Ihre Frequenzen selbst hängen von der Flözmächtigkeit ab: Je dünner das Flöz, desto höher die Frequenzen.

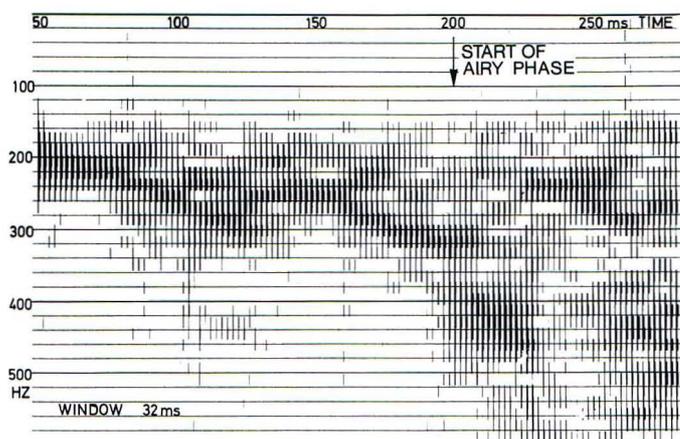


Fig. 5
Zeit/Frequenz-Analyse, Laufweg 328 m
Time-Frequency Analysis, shot-receiver distance 328 m

are of great importance for processing reflection data (stacking and reconstruction). The range of transmission measurements amounts to approximately one thousand times seam thickness d (in the Ruhr district $d \approx 1.5$ m).

Reflection

Among the waves guided by the seam the Airy-phase is especially attractive for reflection seismics because of its relatively high energy, provided absorption is not too strong (Freystätter, 1974 and Dresen, Freystätter, 1976). Fig. 6 shows the dispersion curves of the fundamental mode of the Love-type channel wave neglecting ab-

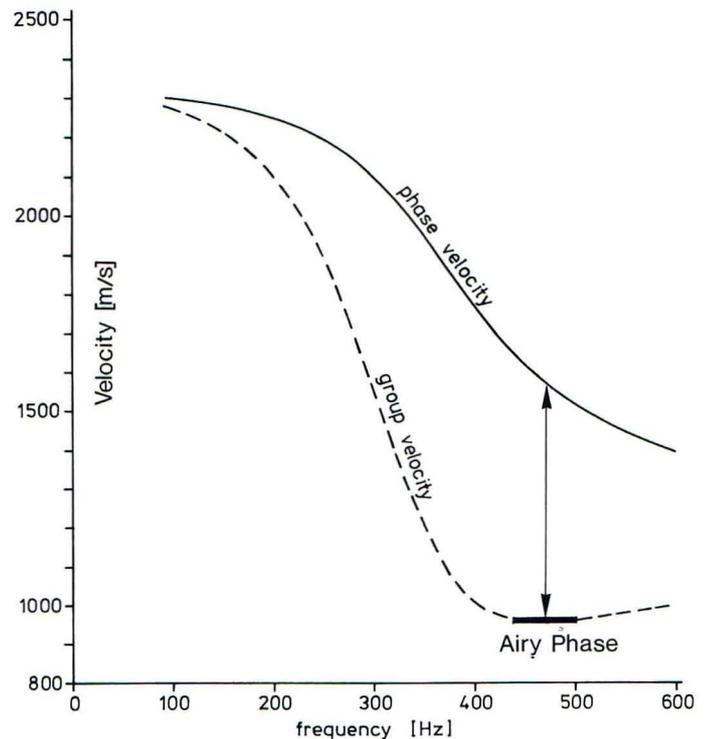


Fig. 6
Dispersionskurve für Kanalwellen vom Love-Typ (Grundmode). Diese Kurve gilt annähernd für die behandelten Beispiele. Als Airy-Phase wird das Minimum der Gruppengeschwindigkeit bezeichnet

Dispersion curve of Love-type channel waves (fundamental mode). This curve is approximately valid for the cases presented. The minimum of group velocity is defined as Airy-phase

sorption; these curves are valid for the data presented here. Fig. 7 represents the corresponding distribution of amplitudes within the seam at two frequencies: 460 Hz is the frequency of the Airy-phase. Obviously amplitudes outside the seam are much smaller at 460 Hz than at 200 Hz as compared to the centre of the seam.

Underground seismic reflection surveys use the well established method of multiple coverage (CDP-technique) in which each point of a reflecting fault which interrupts the seam is covered by several different shot-geophone positions. Usually traces belonging to the same reflection point are summed after being dynamically corrected. In stacking channel waves this correction strongly depends on the frequency. Even if we use

Fig. 5 zeigt die gleitende Frequenzanalyse einer ähnlichen Durchschallung. Die drei (im Seismogramm) erkennbaren Einsätze zeichnen sich durch unterschiedliche Frequenzgehalte aus. Die P-Welle beginnt etwa bei 70 ms und zeigt anfangs Frequenzen zwischen 200 und 220 Hz. Das Maximum verschiebt sich mit der Zeit gegen 260 Hz. Die S-Welle beginnt um 120 ms. Ihre Hauptenergie liegt im Frequenzbereich zwischen 220 und 280 Hz. Die Airy-Phase ist ab 200 ms zu erkennen. Sie zeichnet sich durch Frequenzen zwischen 400 und 500 Hz aus.

Ist diese hochfrequente Airy-Phase vorhanden, so können wir schließen, daß im Durchschallungsbereich kein Hindernis (tektonische Störung, Flözvertaubung, Auswaschung) auftritt, das die Größenordnung der Flözmächtigkeit übersteigt. Umgekehrt gilt: Wird bei einer Durchschallung keine Airy-Phase registriert, so wird das Flöz von mindestens einer Störung verworfen, die das Flöz um mehr als seine Mächtigkeit versetzt.

Eine Durchschallung ist also prinzipiell zur Erkennung größerer Störungen oder Hindernisse geeignet; sie hilft jedoch nur, die Frage nach dem Vorhandensein von Störungen zu beantworten, über deren Lage gibt sie keinen Aufschluß. Die Lokalisierung der Störungen hingegen ist die Aufgabe der Reflexionsmessung. Diese Tatsache macht die Durchschallungsmessungen keineswegs entbehrlich: Sie liefern exakte Geschwindigkeitsangaben, die für das Processing von Reflexionsmessungen (Stapelung!) sehr wichtig sind.

Die Reichweite einer Durchschallung beträgt etwa das Tausendfache der Flözmächtigkeit d (im Ruhrgebiet $d \approx 1,5$ m).

Reflexionsmessung

Von den im Flöz geführten Wellen ist die Airy-Phase wegen ihrer hohen Energie für die Reflexionsseismik besonders interessant. Dabei ist allerdings vorausgesetzt, daß die Absorption sich nicht zu stark auswirkt (Freystätter, 1974 und Dresen, Freystätter, 1976). Für die Kanalwellen vom Love-Typ zeigt Fig. 6 die Dispersionskurven. Sie dürften für die hier gezeigten Beispiele in etwa gültig sein. Hierbei wurde die Absorption außer Betracht gelassen. Fig. 7 stellt die dazugehörigen relativen Amplituden als Funktion des Abstandes z von der Flözmitte dar, und zwar für zwei Frequenzen, deren eine, nämlich 460 Hz, etwa der Airy-Phase entspricht. Offenkundig sind die Amplituden außerhalb des Flözes bei 460 Hz wesentlich kleiner als bei 200 Hz.

Auch bei der reflexionsseismischen Untertage-Messung hat sich die Methode der Mehrfachüberdeckung eingebürgert. Dabei wird jeder Reflexionspunkt einer das Flöz durchsetzenden Störfläche mehrfach erfaßt, und zwar aus verschiedenen Schuß/Geophon-Entfernungen. Normalerweise werden Spuren, die zum selben Reflexionspunkt gehören, nach Anbringung der dynamischen Korrektur zusammenaddiert. Bei der Stapelung von Flözwellen wird diese Korrektur jedoch dadurch erschwert, daß die Geschwindigkeiten und damit die dynamischen Korrekturen wegen der Dispersion von der Frequenz abhängen. Selbst bei Anwendung eines engen Frequenzbandfilters entsteht noch ein Bild, wie es Fig. 8 zeigt: Die Reflexion der erfaßten Störung scheint zahlreiche kleine Stufen aufzuweisen, denen aber keine geologische Bedeutung zukommt. Diese Erscheinung ist auf den erheblichen Unterschied zwischen Phasen- und Gruppengeschwindigkeit zurück-

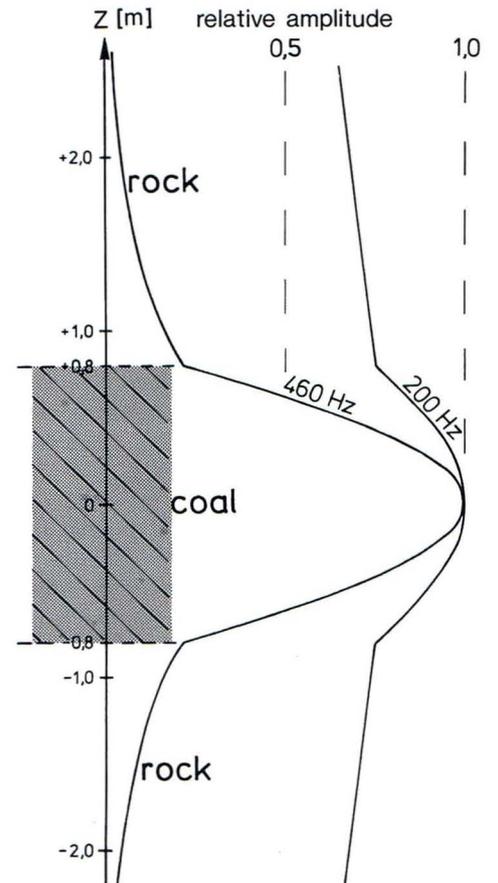


Fig. 7
Relative Amplituden von Kanalwellen vom Love-Typ für die Frequenzen 200 Hz und 460 Hz, abgeleitet aus den Kurven von Fig. 6
Relative amplitudes of Love-type channel waves at frequencies of 200 Hz and 460 Hz, derived from the curves of fig. 6

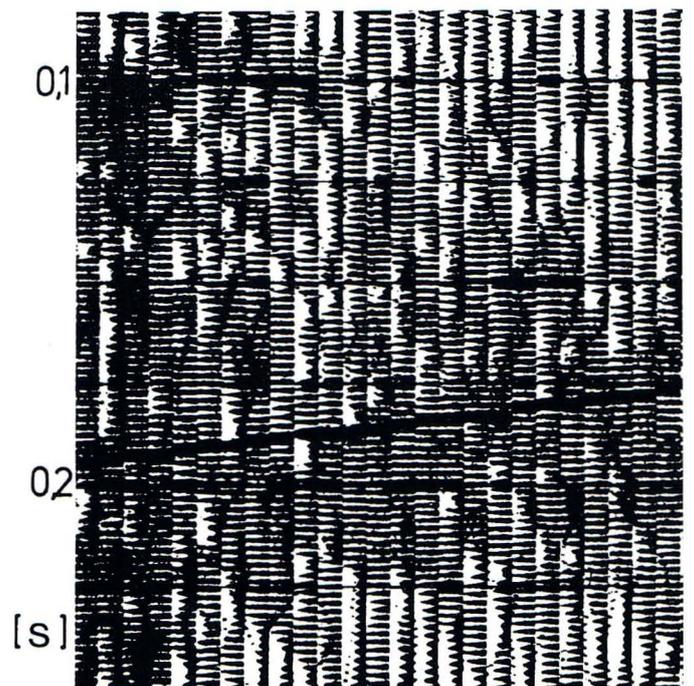


Fig. 8
Stufenförmige Versätze (shingling) in einer Stapel-sektion (Ausschnitt)
Shingling in a stacked section (detail)

zuführen (Fig. 6). Der Seismiker spricht vom Schindel-effekt (englisch: shingling), weil das Bild an übereinander-greifende Dachschindeln erinnert.

Um den Schwierigkeiten bei der dynamischen Korrektur aus dem Wege zu gehen, entschlossen wir uns, das Problem der Datenverarbeitung im Frequenzbereich der Airy-Phase in einer neuartigen Weise anzupacken, nämlich durch Bildung der **Einhüllenden** oder **Enveloppe** (Fig. 9). Sie kann mit Hilfe der Hilbert-Transformation errechnet werden.

Wir zeigen nun anhand einer Reflexionsmessung, die mit derselben Geophonaufstellung C durchgeführt wurde wie die eben beschriebene Durchschallung (Fig. 3 und 4), auf welche Weise diese Datenverarbeitung wirkt. Fig. 10 zeigt 6 Seismogramme der X-Komponente (parallel zum Flöz), montiert als sogenannte Einfachüberdeckung und ohne Anwendung eines Datenverarbeitungsprozesses, mit Ausnahme einer Normierung. Die X-Komponente wurde deshalb gewählt, weil sie die reflektierten Wellen vom Love-Typ besonders gut wiedergeben müßte. Nach einer relativ engen Filterung, die

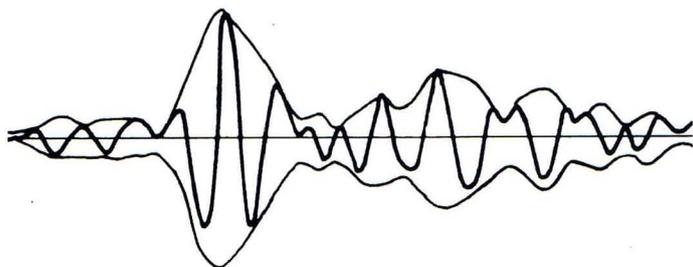


Fig. 9
Einhüllende – Enveloppe eines seismischen Signals
Envelope of a seismic signal

den Bereich der Airy-Phase heraushebt, und nach Anbringung dynamischer Korrekturen wurden die Enveloppen gebildet (Fig. 11).

Als Resultat der 6fach-Überdeckung lagen 6 Einfachüberdeckungen wie die in Fig. 11 gezeigte vor, die jetzt nach den Regeln der CDP-Methode gestapelt werden konnten (Fig. 12). Es leuchtet ein, daß **nach** der Enveloppen-Bildung die CDP-Stapelung nicht mehr besonders empfindlich ist. In Fig. 12 tritt die Reflexion einer Störung bei etwa 0,125 s deutlich hervor. Eine andere Präsentation der Störung gibt Fig. 13 wieder: Maximalwerte der Enveloppen werden hier durch Striche gekennzeichnet.

Der nächste Schritt besteht nun darin, eine geeignete Geschwindigkeit zu finden, um die in Fig. 13 ersichtlichen Laufzeiten in Laufwege umzurechnen. Mit Hilfe dieser Reflexionslaufwege läßt sich dann über einfache geometrische Verfahren (z. B. Tangentenmethode) die Lage des Reflektors bestimmen. Schon 1971 hatten H. H. Arnetzl und Th. Krey vorgeschlagen, die gesuchten Laufwege durch Ansatz von Geschwindigkeiten zu errechnen, die über Durchschallungsmessungen gefunden wurden, bei denen ja die Laufwege von vornherein bekannt sind. Dieses Verfahren setzt indessen voraus, daß die Durchschallungsseismogramme in genau derselben Weise behandelt werden wie die Reflexionsseismogramme. In besonderem Maße gilt das für die Normierung der Amplituden und die Filterung.

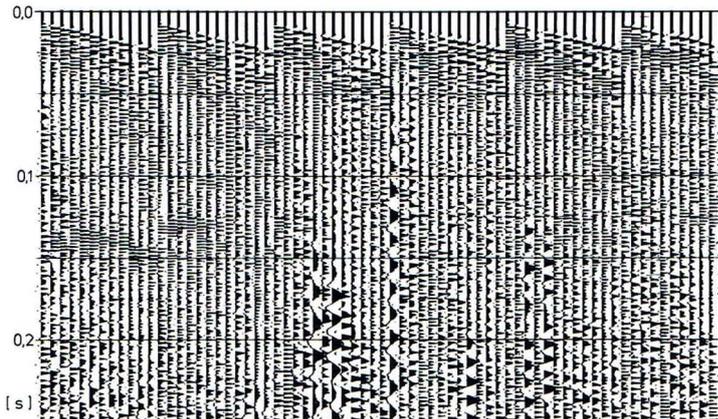


Fig. 10
Einfachüberdeckung ohne Datenprozesse (X-Komponente der Geophonauslage C in Fig. 14)

Single-fold coverage without any processing (X-component of line C in fig. 14)

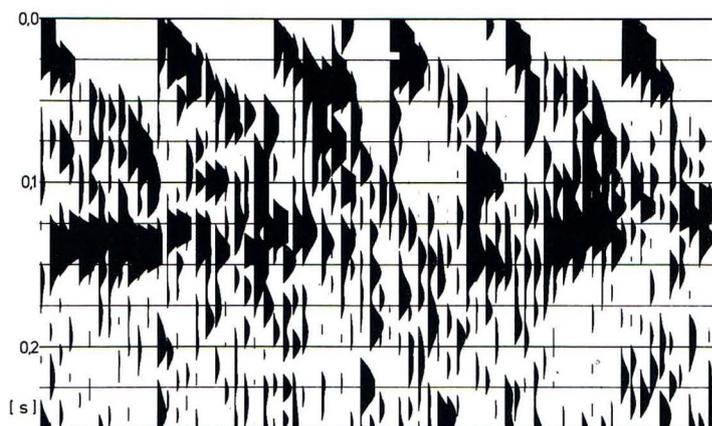


Fig. 11
Dieselben Seismogramme wie in Fig. 10 nach Bandpass-Filterung, dynamischer Korrektur und Enveloppenbildung

Same as fig. 10 after band-pass filtering, dynamic corrections and computation of envelopes

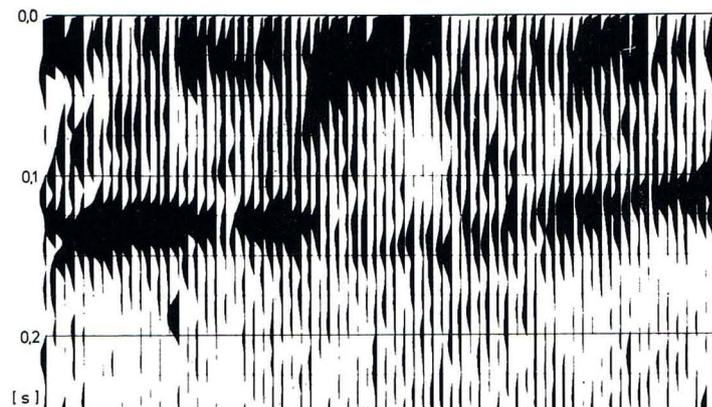


Fig. 12
Resultat nach 6fach-Stapelung
Result of 6-fold stack

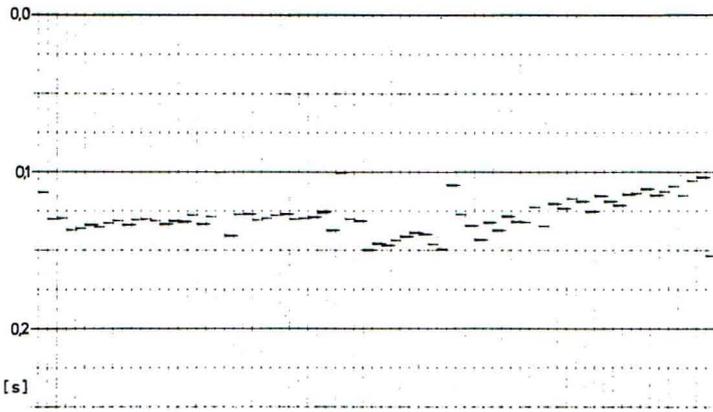


Fig. 13
Zeiten, bei denen in Fig. 12 die Maximalwerte auftreten, durch Striche markiert
Times where maximum amplitudes occur in fig. 12 are marked by black spikes

Im vorliegenden Fall ergab sich hierbei eine Geschwindigkeit von 1100 m/s. Die Lage der reflektierenden Unstetigkeit, die man damit erhält, ist in Fig. 14 auf der rechten Seite dargestellt, Reflektor B – erfaßt über Geophonauslage B – auf der linken Seite. Reflektor B stimmt sehr gut mit der Störung überein, die in der Strecke 1 angefahren wurde. Reflektor C' hingegen liegt ca. 20 m näher zur Meßstrecke C als die in Strecke 2 angetroffene Störung, obwohl in beiden Fällen dieselbe Geschwindigkeit zur Laufwegermittlung angewandt wurde. (Die mit den Geophonauslagen B und C registrierten Durchschallungen ergaben gleiche Geschwindigkeiten für die Airy-Phase.) Das seismische Ergebnis läßt daher nur diese Interpretation zu: Eine rechts von Strecke 2 auftretende und rasch wieder ausklingende Nebenstörung C' verdeckt die Hauptstörung C, die identisch ist mit Störung B.

narrow band-pass filters we obtain results like the one shown in Fig. 8: the reflection exhibits numerous steps which have no geological meaning. This effect is caused by the considerable difference between phase and group velocity (see Fig. 6), and seismologists call it "shingling" as the picture looks like overlapping shingles.

In order to avoid these difficulties with dynamic corrections we decided to tackle the problem of processing the Airy-phase in a novel manner, i. e. by using the envelope (Fig. 9), which can be computed via Hilbert transformation.

We shall illustrate this processing sequence using data from a reflection survey carried out at the same geophone position C as the transmission survey shown previously (Fig. 3, 4). Fig. 10 contains the recorded X-component of 6 shots without any data processing applied except for normalization of amplitudes. The X-component, which is parallel to the coal face, emphasizes reflected Love waves. After narrow band-pass filtering in the frequency range of the Airy-phase, and after application of dynamic corrections, the envelopes were computed (Fig. 11).

As a result of 6-fold coverage 6 record sections of the type shown in Fig. 11 could be summed; the CDP-stack is shown in Fig. 12. It is evident that a CDP-stack with envelopes is not very sensitive to changes in velocity. In Fig. 12 the reflection from a fault appears at around 0.125 s. Another display of the fault is given in Fig. 13; here the absolute maxima of the envelopes are marked by black spikes.

The next step consists of finding a suitable velocity to convert travel times to distances which can then be used in simple geometric procedures (e. g. method of tangents) to determine the position of the reflector. As already proposed, by Arnetz and Krey in 1971, the distances were computed using velocities determined from the transmission survey, in which ray paths are well known. This presupposes, however, that transmis-

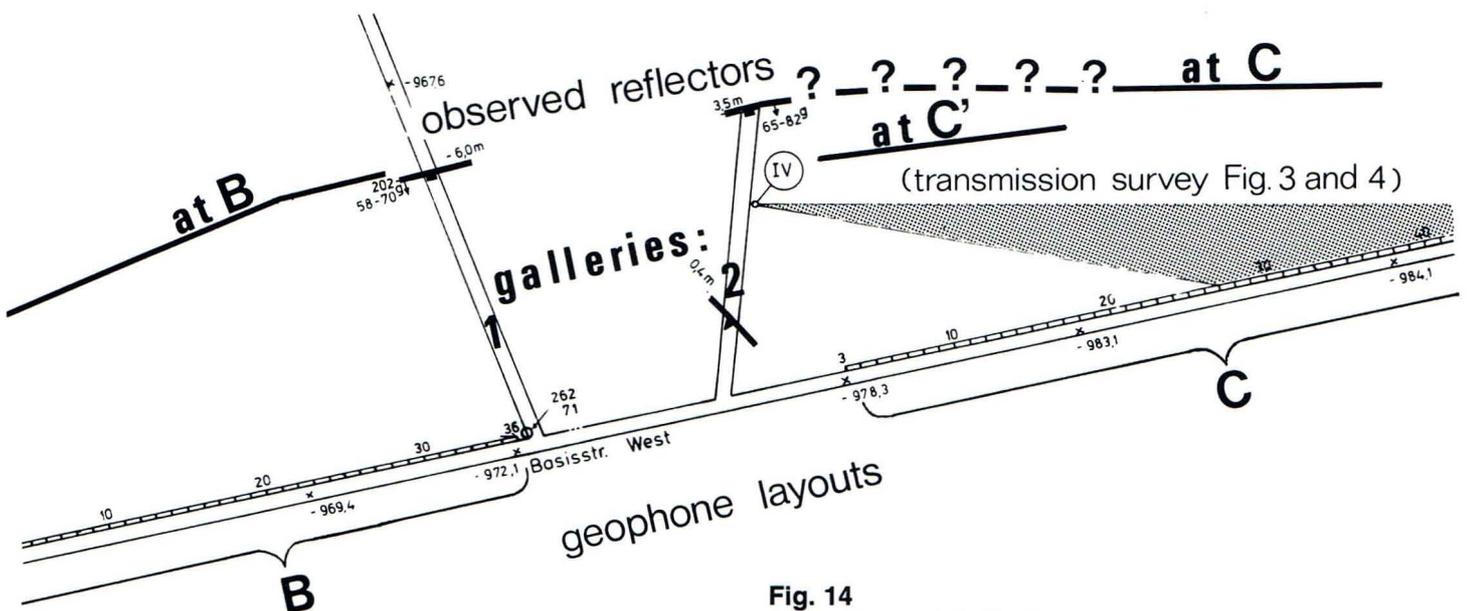


Fig. 14
Lageplan mit Reflektoren
Plan showing positions of reflectors

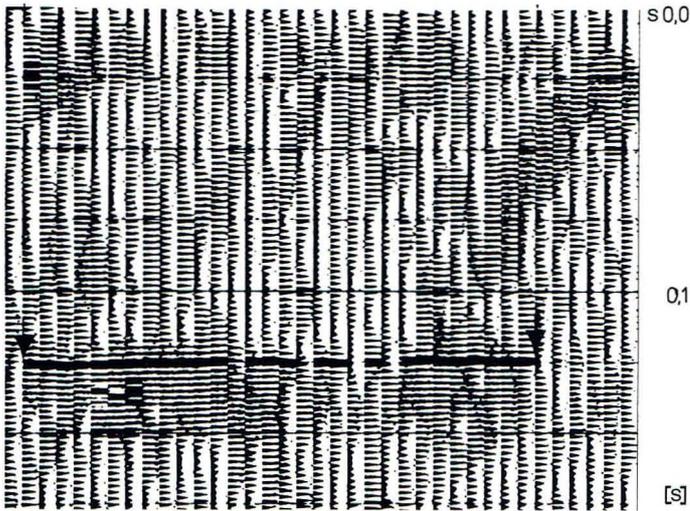


Fig. 15
6fach-Stapelung mit Bandpass-Filter 426/476 Hz ohne
Enveloppenbildung (Ausschnitt) zeigt geradlinigen
Verlauf einer reflektierenden Störung

Six-fold stacked section with band-pass filter
426/476 Hz, no envelopes (detail). Rectilinear reflecting
fault is shown between the arrows

Die Interpretation allein auf Enveloppen-Darstellungen zu gründen, würde einen Verzicht auf Detailinformationen bedeuten, die in den hohen Frequenzen der Airy-Phase enthalten sind: Wir registrieren Signale mit Frequenzen um 450 Hz und rekonstruieren reflektierende Elemente aus Enveloppen von ungefähr 25 Hz. Es ist daher zweckmäßig, auch „normale“ Stapelsektionen herzustellen und zu untersuchen. Dabei sollte allerdings nur ein besonders schmales Frequenzband benutzt werden, weil sich die Phasengeschwindigkeit im Bereich der Airy-Phase besonders stark mit der Frequenz ändert. In Fig. 15 ist eine solche Normalstapelung im Frequenzband 426/476 Hz dargestellt. Aus dieser Seismogrammzusammenstellung läßt sich mit einiger Sicherheit schließen, daß die reflektierende Störung nahezu geradlinig zwischen den beiden Pfeilen verläuft. Schließen Störung und Meßstrecke einen deutlichen Winkel ein, so müssen zusätzliche Korrekturen angebracht werden, die man als Anti-Shingling-Korrekturen bezeichnen könnte, und die den erwähnten Schindeleffekt (Fig. 8) zum Verschwinden bringen sollen. Enveloppenstapelungen und „normale“ Stapelungen ergänzen einander also: Die ersteren lassen Störungen sehr deutlich hervortreten, die letzteren ermöglichen eine Verfeinerung der Resultate.

Auf „Umwege“ wie die Enveloppenbildung könnte verzichtet werden, gelänge es, die Dispersion rückgängig zu machen und die „auseinandergelaufenen“ Signale zu rekompprimieren. Die Abhängigkeit der Stapelgeschwindigkeit und der Korrekturen von der Frequenz wäre aufgehoben, die Information der hohen Signalfrequenzen könnte genutzt werden. Die Möglichkeiten zur Rekompensation werden bei PRAKLA-SEISMOS zur Zeit intensiv untersucht.

Nachzutragen bleibt noch, daß die Eindringtiefe bei Reflexionsmessungen mit Kanalwellen etwa das 100- bis 200fache der Flözmächtigkeit beträgt.

sion and reflection records are processed in exactly the same way, especially as far as normalization of amplitudes and filtering are concerned.

In the case presented here we obtained a velocity of 1100 m/s. The reconstructed position of the reflecting discontinuity is shown on the right hand side of Fig. 14. Reflector B on the left was found using line B. Reflector B fits the fault encountered in gallery 1 very well. Reflector C', on the other hand, lies about 20 m nearer to gallery C than the fault found in gallery 2, although we applied the same velocity in both cases. (Transmission surveys of lines B and C yielded the same group velocity for the Airy-phase.) Our seismic result allows but one interpretation: to the right of gallery 2 there is a short minor fault C' which screens the major fault C; fault C is the continuation of fault B.

To base the interpretation only on the envelope would mean dispensing with the detailed information inherent in the high frequencies of the Airy-phase: we record signals with frequencies of 450 Hz and reconstruct reflecting elements with envelopes of 25 Hz. Therefore, in addition, it is advisable to use "normal" stack sections. Only narrow frequency bands can be used because phase velocity varies to a large extent in the range of the Airy-phase. Fig. 15 shows a normal stack in the band 426–476 Hz; from this section one may conclude that the reflecting fault runs rather rectilinearly between the two arrows. If the fault and the profile enclose a noticeable angle additional corrections have to be applied in order to counteract the "shingling"-effect (Fig. 8). The envelope stack and normal stack are supplementary to one another; the former shows faults very clearly, whilst the latter helps to improve the interpretation.

One could avoid the use of envelopes if one could cancel the effects of dispersion and recompress the "smeared" signals. Stacking velocities and corrections would no longer depend on frequency and the information content of high frequencies could be exploited. Presently we are investigating different ways for recompression.

It should be added that the range which can be covered by reflection surveys with channel waves amounts to 100 to 200 times the seam thickness.

Information from Two Components

Up to now only the X-component has been analysed. In this section we shall show how the data quality can be further improved by including the Y-component in the analysis. This component points into the seam, perpendicular to the face. In a simultaneous analysis of both components we can achieve an improvement of the signal-to-noise ratio; we can also analyse the direction from which the recorded waves arrive and separate compressional and shear energy of certain arrivals, and additionally we can study the spatial coherence of the wavefield in detail.

The most important means in this technique is the polarization filter, the most important form of display is a graph of particle motion.

A graph of particle motion is obtained by plotting the consecutive values of the two traces within a specific time window in an X-Y-diagram. This principle is explained in Fig. 16. The third axis in the diagram points towards the shotpoint of this transmission survey.

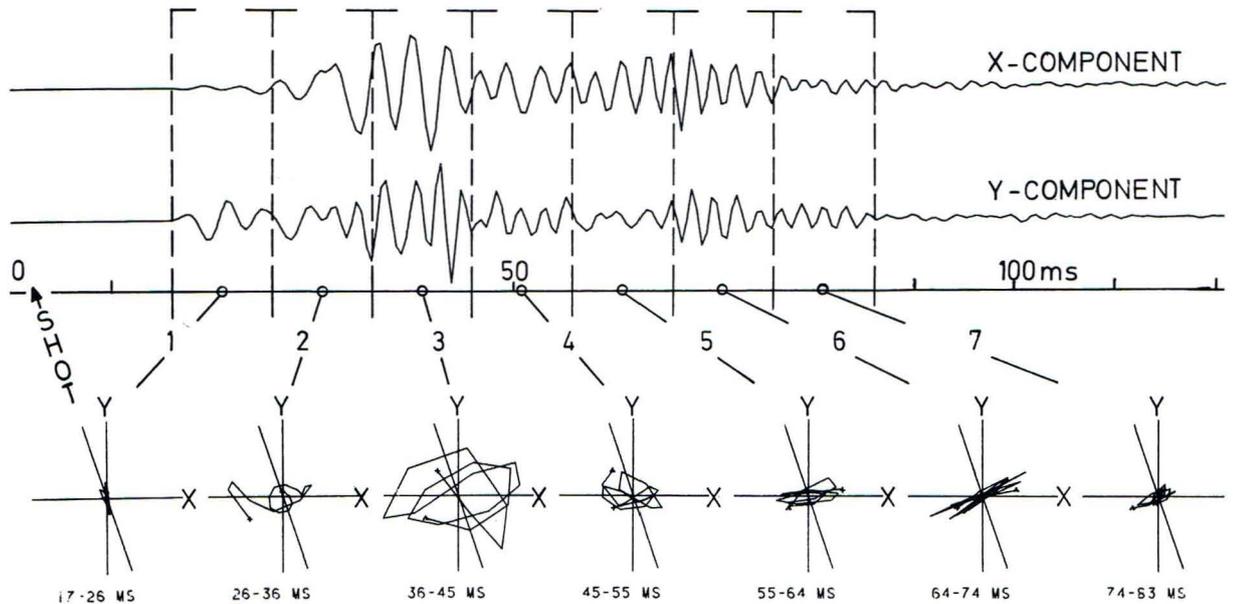


Fig. 16
Analyse von Zwei-Komponenten-Aufnahmen mit Bahnkurven (Hodogramme)
Analysis of two-component data using graphs of particle motion

Information aus zwei Schwingungskomponenten

Bei den bisher vorgestellten Messungen wurden nur die X-Komponenten analysiert. In diesem Abschnitt wollen wir zeigen, wie sich die Datenqualität verbessern läßt, wenn wir die Y-Komponente einbeziehen, die senkrecht zum Stoß orientiert ist. Eine gleichzeitige Bearbeitung beider Komponenten ermöglicht, neben einer Verbesserung des Signal/Noise-Verhältnisses, eine detaillierte Richtungsanalyse der registrierten Einsätze, eine Trennung von Kompressions- und Scheranteilen bestimmter Einsätze und eine gründliche Untersuchung der räumlichen Kohärenz des Wellenfeldes.

Wichtigstes Instrument dieses Verfahrens ist das Polarisationsfilter, wichtigste Darstellungsart die Bahnkurve (Hodogramm).

Das Prinzip der Bahnkurven ist in Fig. 16 erläutert. Die zeitlich aufeinanderfolgenden Werte zweier zusammengehörender Komponenten werden für ein bestimmtes Zeitfenster in einem X-Y-Diagramm aufgetragen und liefern so ein Bild der Partikelbewegung. Die zusätzlich dargestellte Achse markiert die Richtung zum Schußpunkt, die aus der Meßanordnung der betreffenden Durchschallung bekannt ist.

Das erste Fenster erfaßt die direkte P-Welle. Die Bewegung der ersten Halbschwingung ist nahezu eine gerade Linie auf der Achse zum Schußpunkt. Der Einsatz ist also fast vollständig linear polarisiert, seine Richtung stimmt mit der geometrischen Richtung überein. Die S-Welle ist in den Fenstern 2 und 3 dargestellt. Die hochfrequente Airy-Phase (Fenster 6, 7) zeigt eine ausgeprägte lineare Polarisation. Die Bewegung ist senk-

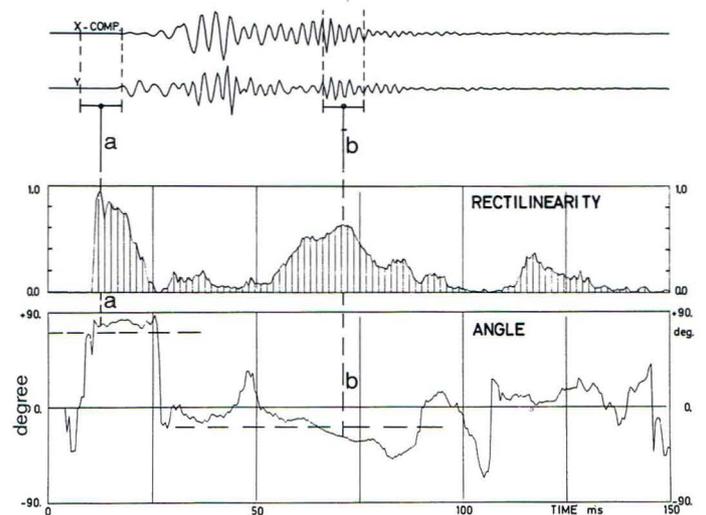
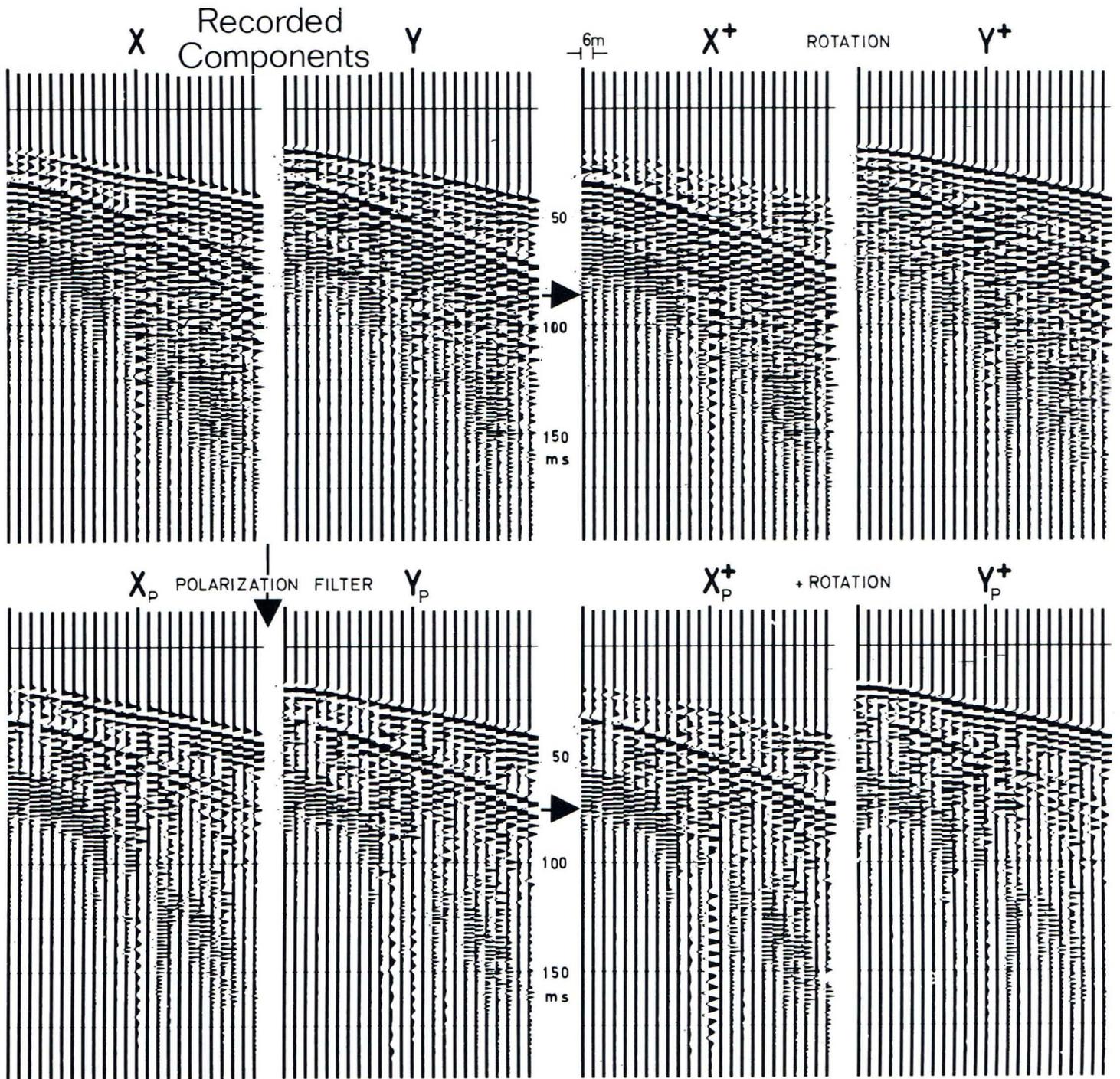


Fig. 17
Polarisationsanalyse von Zwei-Komponenten-Aufnahmen
Polarization analysis of two-component data

The first window contains the direct P wave. The motion of the very first onset is nearly a straight line on the axis towards the shot. This onset is linearly polarized to a high degree, its direction exactly matches the geometric direction. The S wave is represented in windows 2 and 3. The high frequency Airy-phase (windows 6, 7) shows pronounced linear polarization. Its motion is perpendicular to the direction towards the shot, as one expects for shear waves. These graphs of particle motion from the basis of polarization analysis, in which a measure of rectilinearity – that is the degree of linear polarization – and a preferred orientation are computed by moving the window along the time axis.

Fig. 17 contains the result of such an analysis. Rectilinearity (RL) is scaled to values between zero and one. RL = 1 means complete linear polarization, RL = 0 means circular polarization. As directional information we chose the angle between the axis of preferential orientation and X-component (see Fig. 16). The angle is confined to values between -90 and +90 degrees.



recht zur Richtung zum Schuß orientiert, wie bei Scherwellen zu erwarten. Bahnkurven dieser Art bilden die Grundlage für die Polarisationsanalyse, in der die Rektilinearität – ein Maß für den Grad linearer Polarisation – und die Orientierungsrichtung als Funktionen der Zeit berechnet werden.

Fig. 17 zeigt das Resultat einer Analyse. Die Rektilinearität RL ist auf Werte zwischen 0 und 1 normiert. $RL = 1$ bedeutet vollständige lineare Polarisation; $RL = 0$ gibt an, daß keinerlei lineare Polarisation vorhanden ist. Als Orientierungsrichtung wird hier der Winkel zwischen der bevorzugten Ausrichtung der Datenpunkte in der

Fig. 18
**Trennung der Kompressions- und Scherwellenein-
 sätze einer Durchschallung durch Anwendung von
 Polarisationsfilter und Rotation**

**Separation of compressional and shear energy recor-
 ded in a transmission survey by means of polarization
 filtering and rotation**

X-Y-Ebene (s. Fig. 16) für ein Analysefenster und der X-Achse angegeben. Die Winkel können also zwischen $+90^\circ$ und -90° variieren.

Vergleichen wir die beiden analysierten Spuren in Fig. 17 mit den Ergebnissen der darunter dargestellten Rektilinearität und Winkelfunktion, so sind die wesentlichen Einsätze leicht anzusprechen. Linie a, bei einem Winkel von 70° , kennzeichnet die geometrische Richtung zum Schußpunkt, aus der P-Wellen zu erwarten sind. Linie b, bei -20° , markiert die Bewegungsrichtung von S-Wellen. Der scharfe Einsatz der P-Welle bei 18 ms zeichnet sich klar als Maximum in der Rektilinearität ab. Die S-Welle bei 30 ms ist fast zirkular polarisiert (Fenster 3 in Fig. 16). Die hochfrequente Kanalwelle bildet sich als breites Maximum der Rektilinearität zwischen 60 und 80 ms ab. Diese Welle enthält vorwiegend Scheranteile, wie die Winkelfunktion erkennen läßt.

Die über die Polarisationsanalyse erhaltenen Winkelfunktionen (Fig. 17) stimmen erstaunlich gut mit den aus der Geometrie der Meßanordnung bestimmten Richtungen überein. Die Abweichung im Bereich der Linien a (~ 13 ms) und b (~ 71 ms) betragen 5° bzw. 6° . Diese Genauigkeit reicht für die meisten Zwecke aus. Bei einer Mittelung der Winkelfunktionen längs der ersten Halbschwingung der P-Welle erhalten wir sogar die exakte Richtung zum Schußpunkt. Eine Mittelung ist schwieriger vorzunehmen, wo keine klaren Einsätze erkennbar sind (z. B. bei den Kanalwellen).

Die Rektilinearität kann nach geeigneter Glättung zur Amplitudengewichtung der registrierten Spuren verwendet werden, was zu einer Verstärkung linear polarisierter Wellen führt. Die Winkelfunktion eignet sich zur Ausrichtung der beiden Komponenten. Fig. 18 zeigt ein Beispiel. Die mit X und Y bezeichneten Spuren stellen die registrierten Daten dar. Mit Hilfe der Winkelfunktionen wurde nun eine Rotation der Komponenten vorgenommen: Y^+ weist jetzt genau zum Schußpunkt und registriert im wesentlichen Kompressionswellen. X^+ steht hierzu senkrecht und nimmt bevorzugt Scherwellen auf. Eine deutliche Trennung der Ersteinsätze beider Wellenarten ist erkennbar. Eine Gewichtung der X-Y-Daten mit den geglätteten Rektilinearitätsfunktionen führt zu den mit X_p und Y_p gekennzeichneten Spuren. Die Einsätze heben sich schärfer hervor, und unpolar-

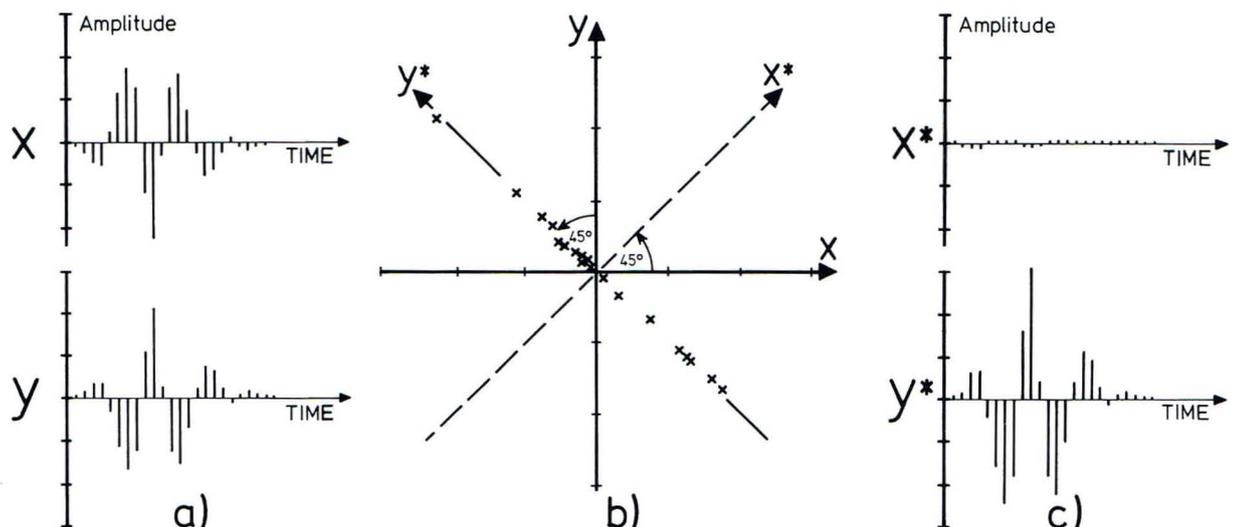
In a synopsis of the two traces in the polarization analysis and of the result of the analysis – the rectilinearity and the angle function – we can easily identify different arrivals. Line a, at 70° , defines the direction from which P waves originating from the shot are to be expected. Line b, at -20° , marks the direction of S waves. The first sharp onset is the direct P wave which is clearly mapped in the rectilinearity function. The S wave at about 30 ms is nearly circularly polarized (window 3 in Fig. 16). The channel wave appears as a broad maximum in the rectilinearity function between 60 and 80 ms; this wave consists mainly of shear energy as the angle function reveals.

The accuracy of the angle function is quite remarkable. The differences from the geometric directions around line a (~ 13 ms) and line b (~ 71 ms) amount to 5° and 6° respectively. This accuracy is sufficient in most cases. If the angle function is averaged over half of the first cycle of the P wave then the geometric angle to the shot is exactly reproduced. Averaging is more difficult where no clear onset is visible – for instance in the case of the channel waves.

A smoothed version of the rectilinearity function can be used for amplitude filtering of the traces in order to enhance linearly polarized waves. The angle function can be used for rotation of components. Fig. 18 shows an example. The unprocessed traces of this transmission

Fig. 19
Prinzip der Rotation. Durch sinnvolle Drehung des Koordinatensystems (in unserem Beispiel 45°) läßt sich bei einigermaßen linearer Polarisierung erreichen, daß eine der beiden Komponenten (hier Y^+) die Schwingung maximal, die andere minimal erfaßt.

Rotation of components. When the recorded motion is linearly polarized then a suitable rotation of the coordinate system can produce a motion that is almost completely confined to one component (here a rotation of 45° restricts the signal to the Y^+ -component).



sierte Nachschwingungen werden gedämpft. Durch zusätzliche Rotation der Spuren erhalten wir in den Sektionen X_p^+ , Y_p^+ optimale Datenqualität. Die Wirkungsweise der Rotation findet sich in Fig. 19 erläutert.

Die in diesem Abschnitt vorgestellten Bahnkurven werden nur für Spezialuntersuchungen verwendet, Polarisationsanalysen von **Durchschallungen** jedoch werden routinemäßig erstellt. Einer routinemäßigen Anwendung der Polarisationsanalyse auf **Reflexionsmessungen** hingegen stehen noch zwei Schwierigkeiten im Wege: Zum einen scheinen transmittierte Kanalwellen einen höheren Grad von linearer Polarisierung aufzuweisen als reflektierte Kanalwellen, was zur Folge hat, daß sie durch Polarisationsfilterung zusätzlich geschwächt werden; zum anderen ist – bei unbekanntem Streichen von reflektierenden Störungen – eine automatische Ausrichtung der Komponenten sehr schwierig. Auf diesem Felde wird noch Entwicklungsarbeit geleistet.

Weitere Untersuchungen – Schlußfolgerungen

Im Rahmen des o. g. Forschungsprojektes laufen weitere Untersuchungen mit dem Ziel, Aufnahmetechnik und Processing der Flözwellenseismik zu verbessern:

- Schuß- und Empfängertests
- Anwendung neuer, auch sprengstoffloser Energiequellen
- Tomographische Analysen von Geschwindigkeits- und Amplitudenanomalien aus Durchschallungen
- Modellseismische Untersuchungen (ausgeführt durch das Institut für Geophysik der Ruhr-Universität, Bochum)

Die bisher erzielten Erfolge bei der Anwendung von digitaler Flözwellenseismik lassen die zunehmende Bedeutung dieses Verfahrens als Hilfsmittel in der Vorfelderkundung erkennen. Schon jetzt ist offenkundig, daß die Sicherheit der seismischen Aussage verbessert, ihre Genauigkeit erhöht und die Eindringtiefen der Flözwellen vergrößert werden konnten.

Danksagung

Allen Kollegen, die durch Vorschläge und in Diskussionen wichtige Beiträge geliefert haben, sei an dieser Stelle wärmstens gedankt: Dr. F. K. Brentrup (Steinkohlenbergbauverein, Essen); Dr. U. Klinge (Bergbau AG Lippe, Herne); L. Reimers, Dr. H. Rüter, Dr. R. Schepers, W. Schott (WBK, Bochum); Prof. Dr. Th. Krey, H. H. Arnetzl, S. Bartholdy, D. Ristow, Dr. R. Marschall, M. Krappatsch, I. Nemes, N. Ordowski (PRAKLA-SEISMOS).

Unser besonderer Dank gilt der Ruhrkohle AG für die Erlaubnis zur Veröffentlichung dieses Berichtes.

shot are denoted by X and Y. The traces X^+ and Y^+ are obtained after rotation: Y^+ points towards the shot and contains mainly compressional arrivals, whilst X^+ is orthogonal to Y^+ and records mainly S waves. A clear separation of P and S arrivals is achieved. After application of the rectilinearity weighting function, X and Y are converted to X_p and Y_p . The arrivals become more prominent and unpolarized reverberations are suppressed. In a subsequent rotation the traces X_p^+ and Y_p^+ are formed; an optimum improvement is achieved. Fig. 19 explains how rotation of the traces is accomplished.

Graphs of particle motion are used only in special studies, whereas polarization analysis is applied to **transmission surveys** on a routine basis. Routine application to **reflection surveys** is not yet possible; one problem is that transmitted channel waves exhibit a higher degree of linear polarization than reflected channel waves and thus polarization filtering would reduce these already weak arrivals. On the other hand, an automatic rotation of components is very difficult when the strike of reflecting faults is completely unknown. Further research is being conducted in this field.

Further Studies – Conclusions

Several other studies are being conducted in the aforementioned research project with the aim of improving field techniques and processing of in-seam seismics:

- shot and receiver tests
- use of other energy sources, non-explosive sources
- tomographic analysis of velocity and amplitude anomalies from transmissions
- model seismic experiments (performed at the Institute of Geophysics, University of Bochum)

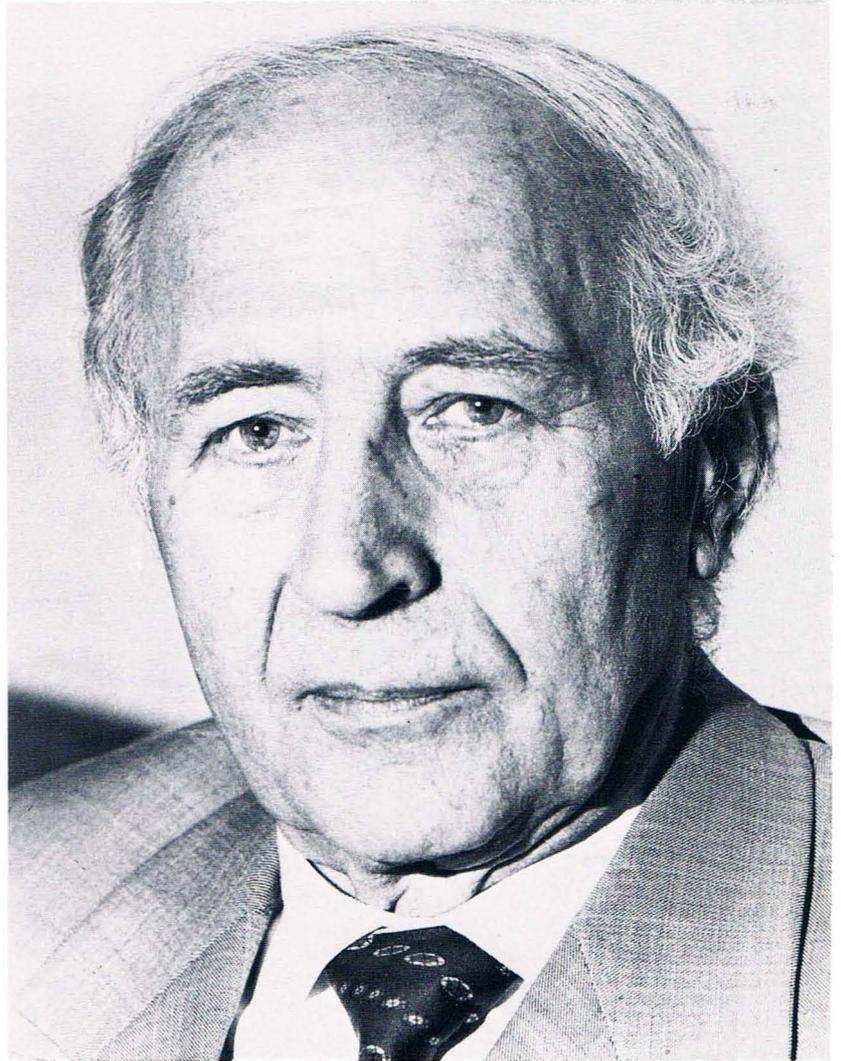
Successful results obtained so far with digital in-seam seismics indicate that this technique will gain increasing importance as a geophysical exploration tool in coal mining. It is already apparent that the reliability of the seismic result has been improved, and that the depth of penetration of seam waves has been increased.

Acknowledgements

I am greatly indebted to all colleagues who contributed to our work with suggestions and in discussions: Dr. F. K. Brentrup (Steinkohlenbergbauverein, Essen); Dr. U. Klinge (Bergbau AG Lippe, Herne); L. Reimers, Dr. H. Rüter, Dr. R. Schepers, W. Schott (WBK, Bochum); Prof. Dr. Th. Krey, H. H. Arnetzl, S. Bartholdy, D. Ristow, Dr. R. Marschall, M. Krappatsch, I. Nemes, N. Ordowski (PRAKLA-SEISMOS).

We are grateful to Ruhrkohle for permission to publish this report.

Professor Dr. Theodor Krey 70 Jahre



G. Keppner

Am 17. August 1980 war es soweit. Der Umstand, daß dieser Geburtstag auf einen Sonntag fiel, gab dem Jubilar Gelegenheit, seinen Ehrentag in aller Stille zu genießen, bevor die 'Öffentlichkeit' in der folgenden Woche mit der ihr eigenen herzlichen Brutalität ihren Anteil forderte und es sich nicht nehmen ließ, Th. Krey die große Anerkennung und Zuneigung spüren zu lassen, die er im Kreis der Exploration – um es einmal ganz pauschal zu sagen – bundes- ja weltweit genießt.

Siebzigste Geburtstage pflegen nostalgische Gefühle freizusetzen. Der Jubilar ist in der Regel pensioniert und zehrt von vergangenen Zeiten. Auch Th. Krey ist eigentlich pensioniert, aber eben nur 'eigentlich'. Die Fron der Berichtsdurchsicht hat er zwar auf andere Schultern abgeladen, aber sonst ist er für uns geblieben, was er immer war: Motor, Katalysator, Rat- und Ideenspender und Globetrotter in Sachen Geophysik.

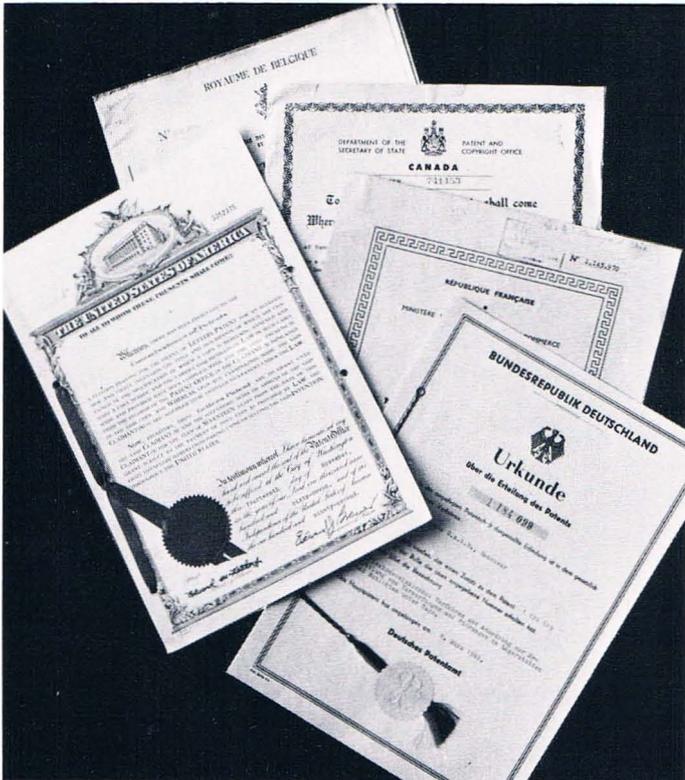
Die Geschäftsführung hat beschlossen, Th. Krey mit einer Festschrift zu ehren, an der sich auch zahlreiche Wissenschaftler beteiligen, die nicht unserer Firma angehören, aber die mit 'unserem Professor' in enger fachlicher und persönlicher Beziehung stehen. Im Rahmen dieser Veröffentlichung soll auch der berufli-

Professor Dr. Theodor Krey 70 Years

The 17th August 1980 was the day. The fact that his birthday fell on a Sunday gave him the opportunity to enjoy his day of honour in peace. But in the following week the "public" demanded their part with their specific cordial brutality and insisted on demonstrating to Th. Krey the vast amount of appreciation and affection which he commands in the sphere of exploration, not only throughout the country but worldwide.

Seventieth birthdays tend to foster nostalgic feelings. The person celebrating this jubilee is normally pensioned and lives off times gone by. Th. Krey is, strictly speaking, pensioned; but only strictly speaking. He has indeed unloaded the normally compulsory task of checking final reports onto the shoulders of others, but otherwise he has remained to us as he always was: driving force, catalyst, adviser, contributor of ideas and globe-trotter in the field of geophysics.

The management decided to honour Th. Krey with a commemorative volume in which numerous scientists will take part who are closely related to "our professor" personally and professionally. This publication also ap-



Patentschriften aus aller Herren Länder – eine kleine Auswahl
Patents from all over the world – just a small selection

che Werdegang und die Leistung des Jubilars eine Würdigung finden. Für den Report bietet sich so die Chance, in aller Muße einmal den Menschen Th. Krey auszuleuchten, so wie wir ihn kennen und lieben.

„Ich stamme aus einer alten Handwerker- und Schifferfamilie“, berichtet er selbst. „Mein Vater war Kürschner, Großvater und Urgroßvater väterlicherseits waren Klempner, mütterlicherseits waren meine Vorfahren meistens Schiffer. Geboren bin ich am 17. August 1910 in dem Flecken Freiburg an der Elbe, im jetzigen Kreis Stade ...“ Th. Krey ist also 'Nordlicht', Teetrinker. Seine Muttersprache Plattdeutsch, mit der er virtuos aber auch sehr liebevoll umzugehen versteht. Da zum Studium erst mal das Geld fehlte, bis ein Stipendium weiterhalf, wäre er beinahe Seemann geworden. Einen Schiffer hatte er schon gefunden ...

Wer Th. Krey schon einmal zu vorgerückter Stunde erleben durfte, kann ihn sich gut als Seemann vorstellen, als Steuermann und Kapitän. Wer hätte sich ihm nicht gern anvertraut auf hoher See?

Libysche Reminiszenzen: Th. Krey mit dem Auftraggeber unterwegs ins Camp. 270 Kilometer sind zurückzulegen, mitten durch die Wüste. Kein Wunder, daß der 'Driver' ins Träumen gerät und schließlich seine völlige Desorientierung eingesteht. Campmanager H. Flohr plädiert für Umkehr. Th. Krey plädiert für fröhliche Weiterfahrt und überstimmt den ängstlichen Flohr. Als die

Ein Nickerchen vor gut gewässerten Seismogrammen sichert die intellektuelle Spannkraft – Idylle im Zeitalter der Linienschrift

A short nap in front of well washed seismograms ensures intellectual elasticity – idyllic scene in the days of wiggle type

preciates the career and accomplishments of Th. Krey. This presented the Report with the unique opportunity of illuminating the man Th. Krey, as we know and admire him.

„I come from an old family of craftsmen and mariners“, he says himself. „My father was a furrier, my grandfather and great-grandfather on my father's side were plumbers, whilst my ancestors on my mother's side were mostly mariners. I was born on 17. August 1910 in the country town of Freiburg, which is situated on the Elbe and now part of the Stade rural district ...“ That means: Th. Krey is a northerner, a tea drinker. His mother tongue is "Plattdeutsch", a low German dialect, which he not only speaks perfectly but with which he also affectionately associates himself. At first there was no money for him to study and he prepared to become a sailor, but the offer of a scholarship saved the day; although he had already found a skipper ...

Anyone who has been around with Th. Krey at a late hour should be able to imagine him as a sailor, a helmsman or a captain. Who could not put his trust in him when sailing the high seas?

Libyan reminiscence: Th. Krey with the client en route to a desert camp. They have covered half of the 270 kilometres to be made. No wonder that the driver starts day-dreaming and finally declares being completely lost. The camp manager, H. Flohr, pleads for the return, Th. Krey insists on continuing the journey and overrules the anxious Flohr. When night falls and the stars come out, Th. Krey feels quite at home, for he knows all these glittering points and believes that with their help he will be able to find the camp. Helmsman Krey pokes his head out of the car window so that he can see better and from then on gives the commands – "two degrees starboard" – as Columbus might have done before, his special idol to whom he often dedicated shanties at late hours.

Using this method to find the camp could have, of course, succeeded. But in the end it was found Columbus had an easier task to discover America with the aid of the stars than Th. Krey had to find a solitary desert camp with the same directional aid.

So they retraced their own tracks, driving till midnight, then for the rest of the night they made themselves comfortable on the hard Landrover seats. H. Flohr authenti-



Nacht hereinbricht und die Sterne aufziehen, fühlt sich Th. Krey ganz wie zu Hause, denn da er die Glitzerdinge alle kennt, traut er es sich zu, mit ihrer Hilfe auch das Camp zu finden. Steuermann Krey streckt den Kopf aus dem Wagenfenster damit er besser sehen kann und gibt von jetzt an die Kommandos – „zwei Grad Steuerbord“ – wie weiland der schon oft von ihm besungene 'Klumbus'.

Der Versuch, das Camp auf diese Weise zu finden, hätte natürlich auch glücken können. Letztlich aber hatte sich Columbus doch ein leichteres Ziel gesteckt: Amerika zu finden mit Hilfe der Sterne, als Th. Krey mit den gleichen Orientierungshilfen ein einsames Wüsten-camp.

Man fuhr zurück in der eigenen Spur, fuhr noch bis Mitternacht und machte es sich dann für den Rest der Nacht auf den harten Landroversitzen bequem. H. Flohr berichtete glaubhaft, Th. Krey habe die Affäre von der besten Seite genommen und vor dem Einschlafen sogar noch ein friedfertiges 'Inshallah' gemurmelt. Die Fähigkeit, zu jeder Stunde und in jeder Situation und Körperlage sofort und tief zu schlafen – eine Eigenschaft, die er mit Napoleon teilt – ließ ihn am nächsten Morgen zwar etwas steif, aber doch erfrischt aus dem Landrover steigen und den neuen Tag begrüßen. 24 Stunden später als erwartet traf der kleine Konvoy im Lager ein. Was aber waren 24 Stunden, gemessen an der Ewigkeit, wie Th. Krey treffend bemerkte.

Fast jeder von uns hatte seine ganz private 'Erste Begegnung' mit dem Jubilar gehabt, an die er sich detailgetreu erinnert. Große Persönlichkeiten bringen das mit sich. Ein Ruf eilt voraus. Der Mann kommt später hinterher. Und jeder, der sein Brot mit Geophysik verdient oder verdiente, ahnte, wer und was da auf ihn zukam. Es mit ihm 'zu können' galt und gilt als höchstes Eigenlob. Gelegentliche Anpiffe, verdiente wie auch unverdiente, werden unter den Teppich gekehrt oder als Zeichen solider Freundschaft aufgelistet. Dr. H. Linsser, früher bei uns tätig, heute Leiter einer Consultant-Gruppe in Kanada, berichtet über seine erste Begegnung mit Prof. Krey:

Es war 1950 in Diepholz. Ich hatte meine ersten Schritte im Anreißen von Reflexionen hinter mich gebracht. Herr Krey erschien als Supervisor, radierte alles aus und griff dann selbst zum Farbstift. Nach einigen Wochen kam er wieder. Es entspann sich folgendes Gespräch:

„Verdammt nochmal, welcher Idiot hat denn diese Reflexionen angerissen?“

„Sie, Herr Krey!“

„Und warum radieren Sie den Quatsch nicht wieder aus?“

„???“

Es müssen aber noch weitere Begegnungen gefolgt sein, denn Dr. Linsser bekennt zum Schluß: „Von niemandem habe ich soviel in der Geophysik gelernt wie von Herrn Krey. Meinen besten Dank!“

Er kann unduldsam sein, mit den Türen knallen. Dummheit macht ihn wütend. Selbst kleine Fehler lassen ihn mitunter aus der Haut fahren. Aber er verzeiht sehr schnell und absolut. Denn er weiß es selbst: Ihm gerecht zu werden, ist nicht einfach. Selbst die perfekte Sekretärin hat oft ihre Not mit ihm. Sie geht für ihn durch's Feuer, wenn auch manchmal unter Tränen. Dafür fällt der Blumenstrauß am nächsten Morgen nur um so prächtig aus ...

cally declared that Th. Krey had tackled the incident in the best manner and even before falling asleep had murmured a peaceable "Inshallah". His capability to fall asleep at any hour, in every situation and body position by his own will-power – a quality shared by Napoleon – enabled him to awake next morning somewhat stiff yet refreshed enough to climb out of the Landrover and greet the new day. Twenty four hours later than expected the small convoy reached the camp. As Th. Krey expressed it: What are 24 hours compared to eternity?

Nearly everyone of us has had his own, quite personal "first encounter" with Prof. Krey which has left particular accurate memories. This is a hall-mark of strong personalities. A reputation takes the lead. The man comes along later. And everyone who earns, or has earned, his living in geophysics has had an idea of who and what was approaching him. The statement to have a good relationship with him qualifies as the highest mode of self-praise. Outbursts, bad marks, whether earned or not, are swept under the carpet, or accepted as a sign of a firmer friendship. Dr. H. Linsser, who used to work for us and is now manager of a consultant group in Canada, told of his first meeting with Prof. Krey:

It was 1950 in Diepholz. I had just completed my first steps in the marking of reflections. Mr. Krey turned up as the supervisor, erased everything and began to colour the horizons himself. After a few weeks he returned. The following dialogue took place:

"My goodness! What idiot marked out these reflections?"

"You did, Mr. Krey!"

"And why haven't you erased this rubbish again?"

"???"

Undoubtedly further meetings between the two must have followed, for Dr. Linsser finally admitted: "I have learnt more geophysics from Mr. Krey than I have from anybody else. Thanks for that!"

Der „Herr Professor“ und seine Sekretärin, Frau Rakkebrandt **"Mister Professor" and his secretary Mrs. Rackebrandt**





**Dr. E. Meixner gratuliert dem Jubilar in Bergmannskluft
Prof. Th. Krey being congratulated by Dr. E. Meixner in a miner's costume.**

Professor Krey ist, wie viele Physiker, ein musischer Mensch. Beim Anreißen von Reflexionen, besonders von pünktigen und zweipunktigen, erschließt sich dem Mitauswerter die ganze polyphone Pracht der Oper. Sein großes Spezialistentum hat ihn nie dazu verführt, die Welt mit Scheuklappen zu durchheilen. Er kennt die Schönheiten der Länder und der Städte. Vor einem Frankreicheinsatz rief ich ihn aus 700 Kilometer Entfernung – privat – in Hannover an und erbat mir seinen Rat. Aber statt des erhofften Rates kam der entzückte Ruf aus dem Hörer: „Nancy!? – Da müssen Sie sich unbedingt den weltberühmten Place Stanislas ansehen!“ Es folgte ein geschichtlicher und die ganze verwickelte Genealogie vergangener Feudalepochen auslotender Vortrag, der schließlich in einer genauen Beschreibung des Platzes und seiner herrlichen Bauten auslief. Th. Krey währte mich in der Zentrale, gleich um die Ecke. Sicher hatte es nicht in seiner Absicht gelegen, mich finanziell zu ruinieren. Kultur ist eben teuer. Den Platz sah ich mir an, wann immer ich Zeit hatte. Nichts von dem fehlte, was Professor Krey mir angekündigt hatte.

Bekannt ist die Vorliebe des Jubilars für unsere Bundesbahn. Für den Netzkarteninhaber ist die Bahn und sein Anteil nicht allein Vehikel, um von einem Punkt zum anderen zu gelangen, sondern gleichzeitig Studier- und Arbeitsstube. Will er von Ort A nach B, kann es durchaus passieren, daß er freiwillig zwei Stationen über B hinausfährt, in C den Zug wechselt und nach B zurückkehrt, nur um dort zu einem ganz bestimmten Zeitpunkt einzutreffen. Die Bundesbahn als Mittel zum präzisen Timing! Auch das ist möglich, bei virtuoser Ausnutzung des Fahrplans.

Was treibt er während der langen Fahrtzeit? Da greift er in seine mächtige Aktentasche und holt sie heraus: all die bunten Hefte „Geophysics“ und „Geophysical Prospecting“, und er findet seine helle Freude an den netten kleinen Artikeln mit den vielen knackigen Formeln.

He can be impatient with slamming doors. Stupidity makes him angry. Small personal failings occasionally drive him crazy. But he forgives very quickly and completely. For he knows: it is difficult to satisfy his rigorous demands. Even the most perfect secretary often has her trouble with him, but she goes through fire for him, sometimes amid tears. And then the bunch of flowers on the next morning turns out all the more splendid.

Prof. Krey is, like many physicists, an artistic person. When marking out horizons, especially good ones, he opens up the whole polyphone splendour of the opera to his fellow interpreters. His great specialist knowledge has never tempted him to rush through the world with blinkers on. He knows the beauties of the countries and the cities. Because of a French job I phoned him up from 700 km distance – privately – in order to ask for his advice. But instead of the expected information I heard an enraptured voice from the receiver: "What? You are going to Nancy? While you are there you must see without fail the world famous Place Stanislas!" There followed a lecture analysing the history and intricate genealogy of past feudal epochs and finally gave an exact description of Place Stanislas with its splendid buildings. Th. Krey believed me to be in headquarters, just round the corner. Of course he did not intentionally set about trying to ruin me financially. Culture is just expensive. I looked at the square whenever I had the time. Everything was just as Professor Krey had predicted.

Prof. Krey's partiality for our "Bundesbahn"*) is well known. As an unrestricted season-ticket holder the train is not only a vehicle to enable him to travel from one point to another, but also at the same time it offers him a compartment for a study and work room. If he wants to go from town A to town B it is quite possible that he will travel two stations past B on purpose and then change trains at C to return to B, and all this in order to arrive at a certain time. The Bundesbahn as a device for accurate timing! However, this is also possible by masterly use of the time-table.

What does he do during the long journeys? Well, he reaches into his enormous briefcase and brings out all the muddled issues of "Geophysics" and "Geophysical Prospecting", and then he delights in the nice little articles with the many cracking formulae.

Prof. Krey travelling. Most people know he speaks very good English. His French is also quite passable. Because he is a physicist and mathematician he naturally takes the laws of the language seriously – his grammar is very precise, as a Moroccan bank clerk once experienced. Th. Krey presented the clerk with such a complicated conditional tense that his best bet would have been to phone up his old teacher and ask him for advice.

Prof. Krey as a sportsman. He loves to swim, even in the coldest season. Only once in my life have I been in the open Atlantic shortly before Christmas. And it was he who was responsible for this. His swimming costume goes with him on all his travels, always at hand. In winter his ice-skates are taken along, perhaps even a pick-axe to open the ice for a quick dip.

Prof. Krey is a member of the Alpine society. He takes the membership as seriously as any of those of the scientific associations. Post cards which he sends to colleagues during his holidays prove him to be a passionate conquerer of rugged mountain giants.

Professor Krey auf Reisen. Daß er sehr gut englisch spricht, wissen die meisten. Aber auch sein Französisch ist beachtlich. Als Physiker und Mathematiker nimmt er es natürlich auch mit den Sprachgesetzen – sprich Grammatik – sehr genau, was ein Clerk in einer marokkanischen Bank zu spüren bekam. Th. Krey hatte ihm ein dermaßen verzwicktes Konditional auf den Tresen geschmettert, daß er am liebsten seinen alten Lehrer angerufen und um Rat gebeten hätte.

Professor Krey als Sportler. Er schwimmt mit Leidenschaft, auch in der kältesten Jahreszeit. Nur einmal im Leben bin ich kurz vor Weihnachten in den offenen Atlantik gestiegen, und das hatte er zu verantworten. Die Badehose macht alle Reisen mit, ist immer dabei. Im Winter kommen die Schlittschuhe hinzu, vielleicht sogar ein Hackebeil zum Eisaufschlagen.

Professor Krey ist Mitglied des Alpenvereins. Er nimmt diese Mitgliedschaft genau so ernst und in Anspruch wie jene der wissenschaftlichen Vereinigungen. Postkarten, die er während des Urlaubs an seine Mitarbeiter schickt, weisen ihn als Bezwinger schrundiger Berggriesen aus.

So also ist er! So ist er auch, sollte ich hinzufügen, denn jeder hat sein eigenes Bild von ihm.

So also steht er vor uns da: mittelgroß, kräftig, breitbeinig fast (Seemann?), gekleidet immer in grau. Grau ist auch der breitrandige Hut, der zum Markenzeichen wurde und der tatsächlich seiner Aufgabe gerecht wird und vor Wüstensonne wie vor tropischen Gewittern schützt. Grau ist der Regenmantel, undefinierbar dagegen die Farbe seiner berühmten wuchtigen Tasche. So haben wir ihn uns vorzustellen, 'unseren Professor', wenn er auf ein Taxi wartet, das ihn zum Flughafen



Gratulanten · Congratulators

That is how he is! Surely, this is only one side of his personality, I have to admit, for everybody has the right to keep his own image of Prof. Krey. Let me conclude with the indisputable facts. And so he stands in front of us: average size, sturdy, feet planted firmly apart (sailor?), and dressed in grey, as always. Grey is the colour of his wide-rimmed hat which has become his distinguishing

Conrad Schlumberger Award der EAEG für Professor Theodor Krey

„In Anerkennung seines hervorragenden Beitrages zur Wissenschaft der geophysikalischen Exploration“ erhielt Professor Th. Krey den Conrad-Schlumberger-Preis für das Jahr 1979. Den Text der Verleihungsurkunde geben wir im folgenden ungekürzt wieder:

„The Conrad Schlumberger Award for 1979 is conferred upon Professor Dr. Theodor Krey in recognition of his outstanding contribution to the science of geophysical exploration.

His many important publications in GEOPHYSICAL PROSPECTING (the first ones in vol. 2 and the most recent one in last year's volume) dealing with reflection as well as with refraction seismics have contributed very much to widen our understanding of subsurface tectonic problems. The complex problems related to deep salt dome basins have been given special attention, and his findings have enlarged our knowledge of this complicated problem.”

Bereits 1952 erhielt Prof. Th. Krey den "Best Paper Award" der SEG. Mit dem Schlumberger-Preis hat nun auch der zweite große Fachverband unserer Disziplin die Leistungen Prof. Th. Kreys gewürdigt.

Wir gratulieren!

Professor Theodor Krey receives the EAEG Conrad Schlumberger Award

The Conrad Schlumberger Award for 1979 was bestowed upon Professor Th. Krey. The following is the unabridged text of the certificate:

In 1952 Professor Krey received the SEG "Best Paper Award". The bestowal of the Schlumberger Award means that the achievements of Professor Krey have now been recognized by the second large professional geophysicists association.

We congratulate him.

bringen soll, eine geschaffte Sekretärin zurücklassend. Er und seine Tasche, das ist geballte ambulante Geophysik.

Während der Geburtstagsfeierlichkeiten am 21. August im „Haus des Sports“ hatte er sich viele Wahrheiten anhören müssen. Die Rednerliste zeigte Glanz: Dr. H. A. Rühmkorf, R. Bading, Dr. W. Zettel, J. Schmoll, Prof. K. Helbig. Dr. Rühmkorf riskierte es, das Phänomen Krey in einem Gedicht zu beschreiben. Dr. Meixner, der zu Ehren des Jubilars eigens Klio, die Muse der Historiker zwecks Kusses herbeizitiert und die Herkunft des Bergmannsliedes vom Steiger, der da kommt, ergründet hatte, legte seine Forschungsergebnisse vor in Schrift und Wort und sang sogar das Bergmannslied a capella.

Ein Resümee? Was empfinden wir für 'unseren Professor', wir, die Belegschaft dieser Firma, aber auch seine zahllosen Freunde in unserem Land und anderswo? R. Bading hat es ausgedrückt:

- Hochachtung für seine wissenschaftliche Leistung,
- Staunen über seine ungebrochene Lebenskraft,
- Verehrung für den Menschen, und
- Anhänglichkeit für den alten Chef.

Dem ist nichts hinzuzufügen. Höchstens das eine noch: der Wunsch, Lebens- und Schaffenskraft mögen ihm noch lange erhalten bleiben – ihm und uns.

mark and really does its task: protecting him from the desert sun and from tropical showers. Grey is his raincoat; the colour of his heavy bag undefinable in comparison. That is how we have to imagine him, "our Professor", while waiting for a taxi to take him to the airport, an exhausted secretary left behind. He and his bag, that is concentrated ambulatory geophysics.

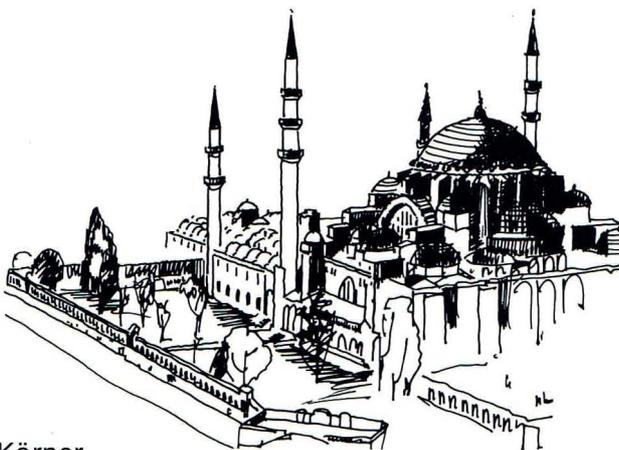
During the birthday celebrations on the 21st August in the "Haus des Sports", he patiently had to listen to many truths. The list of speakers showed splendour: Dr. H. A. Rühmkorf, R. Bading, Dr. W. Zettel, J. Schmoll and Prof. K. Helbig. Dr. Rühmkorf risked describing the Krey phenomenon in a poem. And Dr. Meixner, who had examined the origin of the famous German miner song "Glückauf! Glückauf!", presented his results in written and spoken word, he even sang his object "a capella".

A résumé? What do we feel for "our Professor", we, the personnel of this company and also his friends at home and abroad? R. Bading found the adequate words for all:

- Admiration of his scientific achievements,
- Astonishment over his continuous vitality,
- Devotion for the man, and
- Friendship for the retired chief.

There is nothing to add except to wish him (and us) continued vitality and creative power.

EAEG 1980



H. J. Körner

'Perle der Welt', 'Berührungspunkt von Ost und West', 'Wiege der Zivilisation' sind die drei von vielen Attributen, die die Organisatoren für die Einwerbung zur 42. Jahrestagung der European Association of Exploration Geophysicists ausgesucht hatten.

Der vor drei Jahren in Zagreb gefaßte Beschluß, 1980 in Istanbul zu tagen, war auf einhellige Zustimmung gestoßen. Alle hielten es für richtig, durch die Vergabe dieser wichtigen Tagung der großen Zahl türkischer Geophysiker Referenz zu erweisen. Man fand es auch zu Recht apart, den Mitgliedern der EAEG einmal einen Hauch von Orient zu bieten.

Das Atatürk Culture Centre, in dem der Kongreß stattfand
The Atatürk Culture Centre in which the congress took place.

42 nd E.A.E.G.
 Meeting 3rd-6th June 1980

ISTANBUL

"Pearl of the World", "Meeting Point of East and West", "Cradle of Civilization"; these are the three of the many attributes which the organizers selected for advertising the 42nd annual meeting of the European Association of Exploration Geophysicists.

The decision, made three years ago in Zagreb, to hold the 1980 meeting in Istanbul was met with unanimous approval. Everybody thought this was a good idea in order to encourage the great number of Turkish geophysicists. It also made a pleasant change to offer the members of the EAEG a taste of the Orient.





**Prof. D. S. Parasnis, Präsident der EAEG und Prof. A Yaramanci, Hauptorganisator der Tagung, besuchen den PRAKLA-SEISMOS-Stand.
Prof. D. S. Parasnis, president of the EAEG, and Prof. A. Yaramanci, main organizer of the meeting, visiting our stand.**

Unfortunately the conditions have become more unstable in Turkey from year to year, and the nearer the meeting came, and the more precisely the interested parties studied the newspapers, the more ominous they found it to allow this meeting to take place in Turkey. From summer 1979 the opinions multiplied which favoured a change in location and stated their uncertainty whether the meeting and exhibition could, under the given circumstances, be organized at all by the local committee.

Nevertheless, the meeting and exhibition took place as planned and, moreover, they were both splendidly organized.

It was a notable merit to our Turkish friends that the papers and exhibition took place under one roof, that the import and export of the exhibits were carried out quickly and without much paperwork, and that the entire co-program – evening arrangements, tour programs – ran smoothly.

**Türkei – Brücke zwischen Europa und Asien
Turkey – bridge between Europe and Asia**



Leider entwickelten sich die Verhältnisse in der Türkei von Jahr zu Jahr instabiler, und je näher die Tagung heranrückte, und je genauer die Interessenten die Zeitungen studierten, desto bedrohlicher empfanden sie es, die Tagung ausgerechnet in der Türkei stattfinden zu lassen. So häuften sich seit Sommer 1979 die Stimmen, die einer Verlegung das Wort redeten und wohl auch Zweifel anmeldeten, ob Tagung und Ausstellung vom örtlichen Komitee unter den gegebenen Umständen überhaupt organisiert werden könnten.

Nun, die Tagung und Ausstellung fanden planmäßig statt, und nicht nur das, beides war hervorragend organisiert. Daß Vorträge und Ausstellung unter einem Dach stattfanden, Import und Export des Ausstellungsgutes schnell und formlos funktionierten, auch das ganze Beiprogramm mit den Abendveranstaltungen und dem Ausflugsprogramm für die Damen, war ein großes Verdienst unserer türkischen Freunde. Wen wundert es da noch, daß auch das Wetter mitspielte.



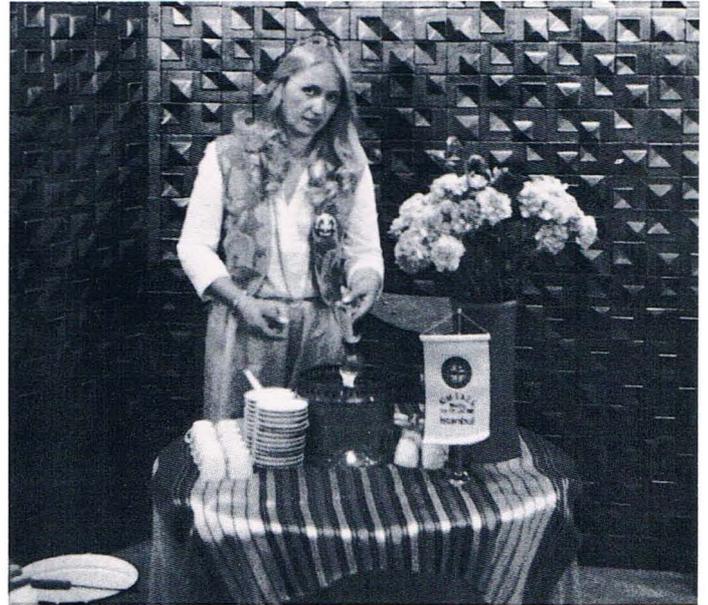
**Dinner-Dance auf der Hilton Terrasse
Dinner-dance on the Hilton terrace**



Im Basar · In the bazaar

Über Istanbul zu schreiben, kann nicht Inhalt dieses Beitrages sein. Nur so viel sei gesagt: Noch immer oder immer wieder fasziniert diese Stadt. Dafür sorgen ihre Moscheen, Paläste und Basare und ihre einmalige Lage am Bosphorus und Marmara Meer. Dem Besucher stellt sich die Frage nach der Vergänglichkeit dieser großartigen 'Perle der Welt', wenn er von ihren Problemen hört, die das ständige Anwachsen der Bevölkerung mit sich bringt, von der Notwendigkeit, alte (malerische) Häuser durch neue hohe (seelenlose) zu ersetzen, oder wenn er bei einem luxuriösen Abendessen über dem Bosphorus am anderen Ufer ein Holzhaus-Viertel abbrennen sieht. Wir können den Türken nur wünschen, daß es ihnen gelingt, Istanbul den alten Rang zurückzugeben, der Stadt und auch dem Land, das doch von der Natur keineswegs stiefmütterlich behandelt wurde und das sich – wie die neue über 1000 m lange Hängebrücke über den Bosphorus konkret beweist – zu einem stabilen Bindeglied zwischen Asien und Europa entwickeln könnte.

Die etwa 800 Delegierten kamen aus rund 30 Ländern. Mit über 200 Teilnehmern waren die türkischen Kollegen am stärksten vertreten, gefolgt von 130 Engländern und 95 Franzosen. Aus den USA waren 75 Geophysiker angereist, aus der Bundesrepublik 48, mit je 34 waren Norwegen und Holland vertreten. Aus der arabischen Welt kamen 27 Teilnehmer aus 6 Staaten, aus Ost-Europa 33 aus 4 Staaten, darunter 10 aus der Sowjetunion und 2 aus der DDR, ein hoffnungsvolles Zeichen.



Türkischer Kaffee · Turkish coffee



Blick auf den Bosphorus · View over the Bosphorus

To write about Istanbul in this short article is not possible, except perhaps to say that this city is fascinating time and again: its mosques, palaces, and bazaars, and its unique position on the Bosphorus and the Sea of Marmara make sure of that. The question of the transience of this magnificent "Pearl of the World" appears to the visitor when he hears of its problems which, caused by the constant population growth, make it necessary to replace old (picturesque) houses by new (characterless) blocks, or when, during a luxurious evening meal, he looks over the Bosphorus to the other bank and sees a wooden housing district burn down. We can only wish the Turks success in restoring the old quality to Istanbul, to the city as well as to the country, and that the country can develop to form a stable link between Asia and Europe – as is realized in concrete terms by the new, longer than 1000 m suspension bridge over the Bosphorus.

The delegates, approximately 800, came from about 30 countries. Turkey, with over 200 participants, was the most strongly represented, followed by England with 130 and France with 95; the USA had 75 geophysicists present, West Germany 48 and both Norway and Holland had 34. From the Arab world came 27 participants

Die Ausstellung war im ganzen etwas kleiner als erwartet (40 Firmen auf fast 700 qm), aber doch erstaunlich vielseitig. PRAKLA-SEISMOS beteiligte sich mit 12 Tafeln und stellte folgende neue Broschüren vor:

Information No. 20 "TSR-Debubbling Technique"
Information No. 21 "Spectrum Filter"
Information No. 22 "Streamer Positioning for 3-D Processing"

Insgesamt wurden 90 Vorträge in 3 Parallelsitzungen gehalten, drei davon von PRAKLA-SEISMOS-Mitarbeitern.



from 6 states; from Eastern Europe came 33, amongst them were 10 from Russia and 2 from East Germany, a promising sign.

The exhibition was on the whole smaller than expected (40 companies covering nearly 700 sq. m.), but yet it was surprisingly varied. PRAKLA-SEISMOS took part with 12 boards and presented the following new brochures:

Information No. 20 "TSR-Debubbling Technique"
Information No. 21 "Spectrum Filter"
Information No. 22 "Streamer Positioning for 3-D Processing"

A total of 90 papers was held in three parallel sessions; three of these papers were presented by PRAKLA-SEISMOS employees.

Die Vorträge unserer Mitarbeiter

Unsere Mitarbeiter hielten drei Vorträge, deren Zusammenfassungen wir hier veröffentlichen.

The Papers of our Staff Members

Our staff members presented three papers of which we now publish the abstracts.

H. H. Arnetzl and R. W. Heil*)

TESTS FOR A HIGH RESOLUTION 3-D SEISMIC COAL FIELD EXPLORATION USING DETONATING CORD

Während der letzten Jahre seismischer Vorfelderkundung für den Kohlebergbau im Ruhrgebiet, Westdeutschland, wurde es zunehmend bedeutsamer, hochfrequente Signale zu erzeugen und entsprechend hochfrequente Nutzsignale aus der zyklisch gelagerten Formation des Karbons zu empfangen. Im allgemeinen führte die Verringerung der Schußladungen nicht zu wesentlich höheren Nutzsignalfrequenzen, während das Nutzsignal-zu-Störwellen-Verhältnis auch nicht in erwarteter Weise anstieg.

Mehrere Tests mit Sprengschnur für kleine Schußladungen zeigten einen Anstieg der Frequenzen seismischer Nutzsignale verglichen mit den kleinstmöglichen Schußladungen mit üblichem seismischen Sprengstoff. Die Tests wurden für hochauflösende 3D-Seismik durchgeführt.

Verglichen mit üblichem seismischen Sprengstoff scheint es, daß Sprengschnur die Verwendung sehr kleiner Schußladungen erlaubt, die ausreichende Amplituden und hochfrequente Nutzsignale erzeugen. Datensammlung, Datenbearbeitung und Ergebnisse der Tests werden vorgestellt.

During the last years of high resolution seismic coal field exploration within the Ruhr area, West Germany, it has become more important to produce high frequency signals as well as to receive corresponding high frequency responses from the cyclic layered Carboniferous formation. In general the diminution of shot charges generates no essential increase of the response frequencies, while the signal-to-noise ratio increases not in the expected way.

Several tests using detonating cord for small shot charges showed an increase of the frequencies of the seismic response compared to the smallest possible shot charges of common seismic explosives. The tests were carried out for high resolution 3-D seismics.

Compared to common seismic explosives it seems that detonating cord enables the use of very small shot charge producing equivalent signal amplitudes and high frequencies of the seismic response. Moreover, the signal-to-noise ratio improves. Data acquisition, data processing and results of the tests will be presented.

*) Westfälische Berggewerkschaftskasse Institut für Geophysik, Schwingungs- und Schalltechnik, Prüfinstitut für Lärmschutz, Herner Straße 45, 4630 Bochum, F. R. of Germany.

H. A. K. Edelmann

SHOVER – SHEAR-WAVE GENERATION BY ORTHOGONAL VIBRATION

Scherwellen werden heutzutage in der Geophysik künstlich angeregt durch Sprengstoffladungen in flachen Bohrungen an einer Grenzfläche zwischen festem und lockerem Gestein. Ein anderes Verfahren verwendet eine Stahlplatte, die, über Profile an ihrer Unterfläche mit dem Boden fest verankert, horizontal beschleunigt bewegt wird. Ein solches Verfahren hat den Vorteil, daß besondere sprengtechnische Sicherheitsmaßnahmen entfallen. Dieser Vorteil wird jedoch zum Teil dadurch kompensiert, daß die für die Verankerung notwendigen Profile, die mit hoher Flächenpressung in den Untergrund gedrückt werden müssen, erhebliche Flurschäden hinterlassen. Es wird ein Verfahren beschrieben, bei dem mit Hilfe von normalen P-Wellen-Vibratoren polarisierte Scherwellen erzeugt werden können. Die theoretischen Hintergründe des Verfahrens werden beschrieben. Es werden Meßergebnisse in Gegenüberstellung an den mit einem Scherwellen-vibrator gewonnenen Ergebnissen gezeigt, die die Brauchbarkeit des Verfahrens belegen.

Shear-waves in the sub-surface are to this date artificially generated either by firing explosives in shallow holes at an interface between loose and compacted material or by shifting the ground with the aid of plates anchored to the earth surface by steel pyramids.

In many areas surface sources are given preference because they produce little environmental damage. This advantage is strongly reduced for shear-wave surface sources because an effective coupling of the generator to the ground can only be achieved by pressing the pyramids firmly into the surface.

A technique has been developed and tested using normal P-wave vibrators to produce polarized shear-waves. The method is described and its seismic efficiency is demonstrated by means of cross-sections.

K. Lemcke

SOME 3-D SEISMIC RESULTS FOR COAL EXPLORATION IN NORTHWEST GERMANY

Seit 1975 wurden 3D-seismische Messungen für den Steinkohlenbergbau des Ruhrdistrikts durchgeführt. Die Ergebnisse einer Messung des Jahres 1978 werden vorgeführt.

Die Auswertung basiert auf Sektionen, die der 3D-Finite Difference Migration unterworfen wurden. Erschwert wird die Korrelation durch das Reflexionsverhalten des zyklisch gelagerten, flözführenden Karbons, was auch in synthetischen Seismogrammen dieses Gebietes zum Ausdruck kommt.

Die Einbeziehung horizontaler Zeitsektionen in den Auswertungsprozeß ist neben der großen Informationsdichte und der Verfügbarkeit echt vertikaler Sektionen als weiterer Vorteil anzusehen, der sich aus der 3D-seismischen Bearbeitung ergibt.

3-D seismic surveys for coal mining in the Ruhr district have been carried out since 1975. The results of a survey from 1978 will be presented.

The interpretation is based on sections which have been processed by 3-D finite difference migration. The correlation of reflection horizons is complicated, as revealed in synthetic seismograms, by the cyclically layered Carboniferous containing coal seams.

The inclusion of horizontal time sections in the interpretation process is, in addition to the greater information density and the availability of real vertical sections, a further advantage in the application of 3-D seismic methods.

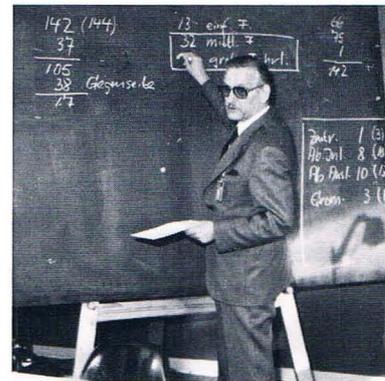
Truppleitertagung 1980

G. Keppner

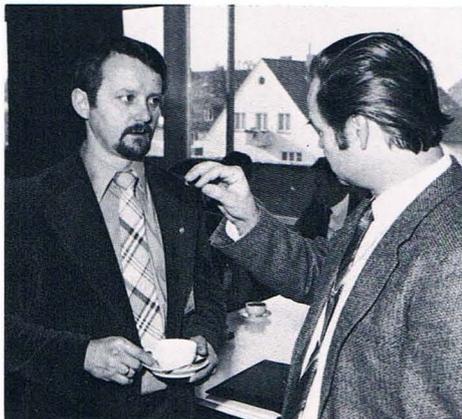
Wenn die Tagung des letzten Jahres die ganze Breite der Aktivitäten unserer Gesellschaft zu vermitteln bemüht war, so lag der Schwerpunkt der diesjährigen Truppleitertagung auf hautnaher und praxisbezogener Information und besonders auf vielkanaligem Gedankenaustausch. Das Programm hatte zu bieten, was ein Truppleiter wissen soll und wissen will, aber nicht nur

er, sondern auch alle übrigen Damen und Herren, die im technischen und wissenschaftlichen Bereich unserer Firma ihren Beitrag leisten.

Das Echo aus den Reihen der Teilnehmer schien in diesem Jahr um einige Oktaven freudiger zu sein als 1979. Verschiedene im Report 2/79 vorgeschlagene Tendenzen ließen sich verwirklichen – wenn auch nicht komplett. So erlitt der 'Nachmittag der offenen Tür', der von



Truppleitertreffen: Information ...



... und Erfahrungsaustausch.



Wer nimmt hier wen zur Brust?

den meisten Teilnehmern als Möglichkeit zur gezielten individuellen Information dankbar aufgenommen wurde, sehr rasch das für Hellsichtige vorausschaubare Los eines jeden (vermeintlichen) Vakuums: er wurde vollgestopft mit noch unverarbeiteten Themen der Vortage. Sie aufzunehmen war natürlich auch ein gutes Werk! Immerhin! – Der 'Interne Gedankenaustausch' der Truppleiter, nach Begrüßung und Einführung durch Dr. H.-J. Trappe, Dr. Garber und Tagungsleiter R. Bading, fand breiten Anklang und eine entsprechend intensive Nutzung.

Die schönsten Erfolge reiften meines Erachtens auf dem Sektor 'Erfahrungsbericht'. Art und Länge der Diskussionen zeigten an, daß man hier auf Gold gestoßen war. Der Informationsfluß lief nun nicht mehr nur vom Katheder zu den Bänken, sondern wahrhaft so 'omnidirectional' wie angestrebt.

Wie in den letzten Jahren, haben auch 1980 wieder einhundert Ordner mit den gesammelten Vorträgen aufnahmebereite Regale gefunden. Sie enthalten die folgenden Arbeiten:

Allgemeines	<ol style="list-style-type: none"> 1 H. Werner, Developments and Trends of Seismic Land Surveys at PRAKLA-SEISMOS 2 R. Bading, Seismische Feldtechniken Gestern und Heute (3D) 3 H. Werner, Mäander-Profilaufnahme 4 A. Mittermair, Simultaneous Both-Ends-Recording
Vermessung	<ol style="list-style-type: none"> 5 R. Bading, Zur Genauigkeit von Lage- und Höheneinmessung für reflexionsseismische Messungen 6 C. Tinnefeld, Vermessungsinstrumente 7 R. Fischer, Vermessung in Mäandertechnik (Erfahrungsbericht) 8 U. Brandt, Vermessung in der Flächenseismik für den Kohlebergbau
Erfahrungsberichte (3D-Seismik)	<ol style="list-style-type: none"> 9 U. Brandt, Flächenseismik für den Kohlebergbau 10 W. Ceranski, Telemetrische 3D-Messungen Schoonebeek 1979
Statische Korrekturen	<ol style="list-style-type: none"> 11 G. Fromm, Ein Einblick in den aktuellen Stand der bei PRAKLA-SEISMOS gebräuchlichen statischen Korrekturmethode anlässlich der Truppleitertagung vom 3. 3. bis 6. 3. 1980
Datenverarbeitung	<ol style="list-style-type: none"> 12 H. J. Körner, Datenverarbeitungsprozesse zur Verbesserung des Nutz- zu Störverhältnisses
Apparaturen und Geräte	<ol style="list-style-type: none"> 13 E. Müller, Die Ausrüstung eines Telemetrie-Meßtrupps 14 A. Hartstock, Qualitätskontrolle der Aufnahmeapparaturen 15 G. Braun, Qualitätskontrolle bei Geophonen und Kabeln 16 D. Jachmann, Notch-Filter, ja oder nein? 17 A. Hartstock, Filterverhalten der seismischen Digitalapparaturen DFS III, DFS IV, DFS V, Sercel 338 B und 348 (Nachtrag von Truppleitertagung 1979)

Interessenten, die nicht in den Besitz dieser Vortragsammlung gelangten, können Einblick nehmen bei:

- Dr. Buchholtz / H. J. Körner für den Bereich Wiesenstraße,
- Dr. Bochmann für den Bereich Haar- und Planckstraße,
- Dr. Edelmann / Frau Rudolph für den Bereich Neubau.

Im Lager Planckstraße 7 (H. Wall / Tel. 442) liegen noch verschiedene Einzelvorträge für Interessierte bereit.

Allen Referenten, die ihre Arbeiten zur Vervielfältigung bereitstellten und bei Mahnungen stets geduldig blieben, sei an dieser Stelle herzlich gedankt. W. Probst erwarb sich große Verdienste durch die Zusammenstellung der Ordner, G. Zeitler durch ihre Verteilung an viele die Zentrale passierende Meßtruppleiter. Dank auch ihnen!

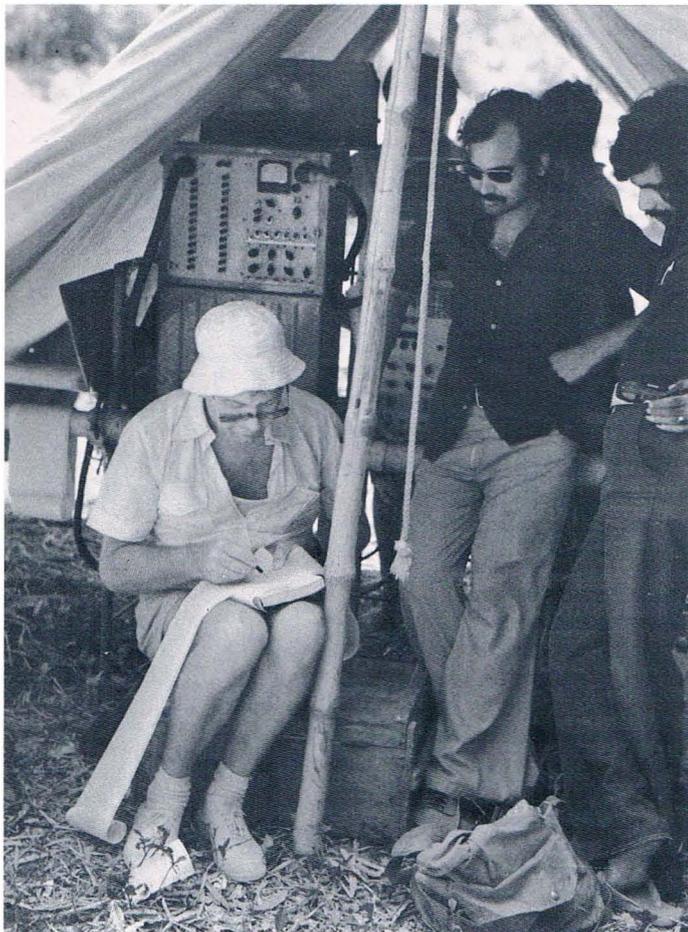
Entwicklungshilfe

Mehr als 1000 Profilkilometer Landseismik in Bangladesh geschossen

Unsere Leser erinnern sich vielleicht der Berichte in den Report-Ausgaben 2/78 und 3/78, die den Neubeginn unserer Aktivitäten in Bangladesh schilderten. Die Ausrüstung für unseren Trupp Bangladesh III wurde damals mit einem DC-10 Cargo-Jumbo der MARTINAIR eingeflogen, weil zunächst ein Programm anvisiert war, das möglichst noch vor Beginn des Monsunregens 1978 abgeschlossen werden sollte. Ein Transport per Schiff hätte zu lange gedauert; das Programm wäre damit undurchführbar geworden.

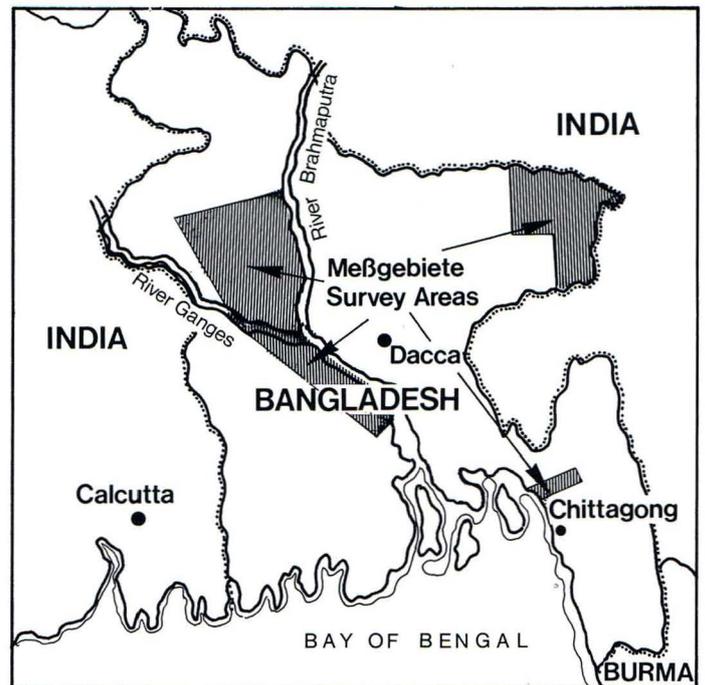
Nach Beendigung der damaligen Meßkampagne hatten wir im Report 3/78 berichtet, daß die Messung ein voller Erfolg war. Vergewährtigen wir uns nochmals die Zusammenhänge:

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) war in einem Entwicklungshilfeprojekt beauftragt, eine Beratergruppe nach Bangladesh zu ent-



Der Autor im Apparaturzelt beim Auswerten von Nahlinien
The author in the instrument tent busy computing short refraction lines

F. Koch



Development Aid More than 1000 kilometres of land seismic lines shot in Bangladesh

Our readers perhaps remember the articles in Reports 2/78 and 3/78 which described the start of our activities in Bangladesh. At that time the equipment for our Bangladesh III crew was flown in by a MARTINAIR DC-10 Cargo Jumbo. This was done because a short program was scheduled to be completed before the onset of the 1978 monsoon rains; transport by ship would have taken too long, in which case the program could not have been carried out.

After finishing that campaign we reported, in PRAKLA-SEISMOS Report 3/78, that the survey was a complete success. Let us recall the situation:

As part of a development aid project, the Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)* was commissioned to delegate an advisory group to Bangladesh to work together with PETROBANGLA in Dacca. The aims of the project were to help develop the existing gas production and, perhaps, to help detect new hydrocarbon deposits. As a result of these studies a



Einmeß-Mannschaft in Aktion
Survey crew in action

senden, die in Dacca zusammen mit der PETROBANGLA nach Wegen zur Erweiterung der bisher vorhandenen Erdgasförderung und zur Auffindung neuer Kohlenwasserstoff-Lagerstätten suchen sollte. In Folge dieser Beratung wurde Anfang 1978 eine kurze Seismik-Meßkampagne vorgeschlagen mit klarer Aufgabenstellung:

- Es sollte gezeigt werden, daß mit moderner (digitaler) seismischer Ausrüstung und mit Mehrfachüberdeckung bessere Ergebnisse erzielt werden können als bisher mit Analog-Seismik.
- Das PETROBANGLA-Personal sollte mit der Bedienung digitaler Apparaturen und der Methode der Mehrfachüberdeckung vertraut gemacht werden; beides Neuland für die eigenen Seismik-Trupps.
- Mit drei langen Linien im Bereich der 'Eozän-Hinge Line' (Scharnier-Zone) sollte versucht werden, das regionalgeologische Bild zu klären.

Die PRAKLA-SEISMOS wurde beauftragt, einen sogenannten 'Semi-Portablen' Trupp zu entsenden. Was heißt 'Semi-Portable'? Zunächst einmal, daß die seismische Ausrüstung im Gelände von Trägern bewegt werden muß, also nicht zu schwer sein darf – auch die Bohrgeräte! All jenen, die nur unsere Großtrupps, ausgerüstet mit Meßwagen, Kabelwagen, Vibratoren oder schweren Bohranlagen nebst Wasserwagen kennen, wird diese Aufgabe nur schwer lösbar erscheinen. Aber keine Bange: in den Urwäldern Südostasiens, Afrikas und Südamerikas arbeiten wir seit eh und je mit tragba-

short seismic survey was recommended at the start of 1978 with the following clear objectives:

- It should be shown that with modern (digital) seismic equipment using the multiple coverage method better results can be achieved than with the previous analogue equipment.
- The PETROBANGLA personnel should be made competent in the operation of digital instruments using the method of multiple coverage, this was (in 1978) new ground for these seismic crews.
- An attempt should be made to clarify the regional geological picture with three long lines in the "Eocene Hinge Line Zone".

PRAKLA-SEISMOS was commissioned to send out a so-called "semi-portable" crew. "Semi-portable" means that it must be possible to carry the seismic equipment along the line by man-power, therefore the equipment – including the drilling rigs – must not be too heavy. For those who are only familiar with our large crews, equipped with recording trucks, cable trucks and either vibrators or truck-mounted heavy drilling



Bohrarbeiten in einem trockenen Reisfeld
Drilling operation in a dry rice field

ren Apparaturen, mit handbetriebenen (und sogar hydraulisch angetriebenen) Bohrgeräten, deren Einzelteile von Trägern noch mehr oder weniger leicht transportiert werden können.

Aber genausowenig wie man in den Urwäldern Fahrzeuge einsetzen kann, ist dies in den Reisfeldern möglich; jedenfalls nicht, solange sie überflutet sind. Aber nicht alle Reisfelder stehen permanent unter Wasser. Solche ohne künstliche Bewässerung fallen in den Monaten November bis April trocken. Ende Dezember ist Ernte und von da an läßt sich's dort bis April mit Fahrzeugen durchaus operieren. Deshalb war es sinnvoll, den Trupp zusätzlich mit vier Unimogs, einem Landrover, zwei Suzuki-Jeeps und zwei Motocross-Maschinen auszurüsten, um die gebotenen Möglichkeiten voll auszuschöpfen. (Deshalb auch die Kopplung des Wörtchens 'semi' = halb mit 'portable' = tragbar.)

Das eben Gesagte sei aber nicht so verstanden, daß unsere Fahrzeuge so lange untätig herumstehen, bis die Felder abgetrocknet sind. Natürlich gibt es auch Straßen im Land, und da die Entfernungen zwischen Basecamp und Flycamp sowie zwischen Flycamp und Profilinie oft sehr groß sein können, stehen die Fahrzeuge permanent im Einsatz. Nicht nur das Material, auch die 260 Arbeiter wollen schließlich rationell bewegt werden, wo immer dies nur möglich ist.



Apparaturtransport
Transportation of a seismic instrument



Seismische Ausrüstung im Urwald
Seismic equipment stored in the rain forest

rigs with water trucks and explosives trucks etc., this type of work may seem extremely difficult. However, we have been working for years with portable equipment in the jungles of South East Asia, Africa and South America, utilizing hand operated (and even hydraulically powered) drilling units which can be dismantled and then carried by man-power.

As in the jungle, the use of vehicles in the rice fields is impossible, at least as long as the fields are flooded. However, in Bangladesh not all the rice fields are permanently under water; those which are not artificially irrigated dry out between November and April. After the harvest at the end of December, the baking hot sun dries and hardens the earth so that the surface can support the operation of even heavy trucks until April. During this limited time good progress can be made if a crew is equipped not only with the portable seismic equipment, but also with an adequate fleet of vehicles. Therefore, 4 Unimogs, 1 Landrover, 3 Suzuki-Jeeps and 2 Motocross-bikes were included in the equipment. (Thus, we have "semi-portable"!)

Having said that, it should not be supposed that our vehicles are idle during the "fully portable" operations. There are, naturally, roads in the country and because the distances between basecamp and flycamps, and flycamps and profile line can be large, the vehicles are constantly needed for this regional traffic. Besides material, the 260 workers also have to be efficiently transported wherever possible.

Something should now be mentioned concerning the organization:

As laid down in the Technical Aid Agreement, PETRO-BANGLA's counterpart obligation is to render all local assistance, especially the supply of local labour and staff. As a good solution PETROBANGLA seconded to our crew a complete so-called "special seismic party". The "officers" and staff of this group are counterparts of our PRAKLA-SEISMOS party members. Thus, two

Dies zur 'semi-portablen' Ausrüstung. Nun ein Wort zur Organisation:

Die PETROBANGLA als Counterpart (= Gegenstück) zu unserem Auftraggeber BGR war in jenem, unserer Tätigkeit zugrunde liegendem 'Technical Aid Agreement' angewiesen, die lokalen Hilfestellungen zu geben. Dies wurde so gelöst, daß unserem Trupp eine sogenannte 'Special-Seismic Party' beigeordnet wurde. Die 'Offiziere' und Staffleute dieser Gruppe waren und sind als 'Counterparts' für unsere PRAKLA-SEISMOS-Truppmitglieder zu verstehen. Damit werden praktisch zwei Fliegen mit einer Klappe geschlagen:

- einmal werden die lokalen Hilfeleistungen, wie das Rekrutieren von Arbeitern, das Abstellen von Fachkräften (wie Bohrern, Schießern, Kabel-Vorleuten etc., aber auch Administratoren und Korrektur-Rechnern) von bereits bei PETROBANGLA existierenden Trupps übernommen, und
- zum anderen wird einer Gesamtmannschaft das Funktionieren unserer Methode vermittelt (z. B. Mehrfachüberdeckung, Datenaufbereitung, Korrekturrechnen, Bänderversand, etc.).

PETROBANGLA achtet natürlich darauf, daß in jeder Meßsaison*) andere Leute zu unserer Spezialtruppe stoßen, um so einem möglichst großen Mitarbeiterkreis die entsprechenden Erfahrungen und Kenntnisse zugute kommen zu lassen.

Mittlerweile hat PETROBANGLA einen eigenen Digitaltrupp im Einsatz. Auch hier wurde mit finanzieller Unterstützung der Bundesrepublik Deutschland im Rahmen der 'Technischen Zusammenarbeit' (TZ) Starthilfe geleistet. Ein Service-Techniker der PRAKLA-SEISMOS hat die PETROBANGLA-eigene DFS V-Apparatur in Betrieb gesetzt und die Registrierer eingewiesen. Jetzt arbeitet der Trupp selbständig und mit guter Leistung. Die Magnetbänder werden nach Hannover geschickt und dort im PRAKLA-SEISMOS-Datenzentrum prozessiert.

Die seismischen Sektionen gehen zurück zur BGR-Beratergruppe in Dacca, die zusammen mit den Geologen der PETROBANGLA im Rahmen eines ebenfalls mit deutscher Entwicklungshilfe finanzierten 'Multi-Well-Projekts' Vorschläge für neue Bohrlokationen ausarbeitet. Im Herbst soll die erste Bohrung begonnen werden. Wollen wir hoffen, daß wir in einer der nächstjährigen Report-Ausgaben über einen Erfolg berichten können.

Aber auch jetzt schon fühlen wir uns berechtigt, mit einiger Befriedigung auf die bisher geleistete Entwicklungshilfe zurückzublicken. Am 7. 5. 1980 waren **1000 Kilometer** 12fach-überdeckte seismische Linien abgeschossen. Ohne die harte Arbeit und die Einsatzfreude unserer bangalischen Helfer wäre dieser Erfolg nicht möglich gewesen. Gleichwohl möchten wir uns nicht auf unseren Lorbeeren ausruhen. Es gibt noch viel zu tun in Bangladesh. Also: ran an das nächste Tausend!

birds were killed with one stone: Firstly, the local help was most conveniently rendered by an experienced PETROBANGLA party. They not only recruited the local helpers, but also carried out the basic seismic operations like drilling of shotholes, handling explosives, laying out of cables and geophones etc. Secondly, our training and instructions concerning efficient operation and the application of the modern seismic methods and equipment were given not solely to a few selected persons but to a complete integrated team.

Nevertheless, PETROBANGLA made sure that during each new survey season*) different personnel were delegated to our "special seismic party" in order that as many employees as possible could benefit from the experience.



Flycamp

Meanwhile, PETROBANGLA has its own digital party in operation. Here again, initial aid was given as part of the "technical cooperation project", financially supported by West Germany (FRG). A PRAKLA-SEISMOS service technician was seconded to this crew. He put PETROBANGLA's DFS V into operation and instructed the operators; the party now works independently and is producing good results. The magnetic tapes are sent to Hannover for processing in the PRAKLA-SEISMOS Data Centre.

The seismic sections are returned to Dacca where the BGR advisory group, together with the PETROBANGLA geologists, works out recommendations for new drilling locations for the "multi-well project" (likewise financed with German development aid). The first well will be started in autumn. Let us hope that we can report about its success in one of next year's Report issues.

Even now we feel somewhat justified to look back with satisfaction at the "Development Aid" already given. **1000 kilometres of seismic lines** had been shot by May 7, 1980. Without the hard work and enthusiasm of our Bangladesh helpers this success would not have been possible. All the same, we don't want to rest on our laurels; there is still a great deal to be done in Bangladesh. So, on with the next thousand!

*) Während der vollen Monsunzeit muß jede Landseismik eingestellt werden. Eine Meßperiode in Bangladesh dauert also von November bis Mai. Bisher hatten wir drei Meßkampagnen durchgeführt:

I von Februar 1978 bis Mai 1978
II von November 1978 bis Mai 1979
III von November 1979 bis Mai 1980

*) During the monsoon all land seismic work is suspended from May to October; thus a survey season in Bangladesh lasts only from November until May. So far we have worked 3 seasons:

I: from February 1978 until May 1978
II: from November 1978 until May 1979
III: from November 1979 until May 1980

„Seeseismik“ im Ruhrgebiet

U. Brandt

Etwas bescheidener könnten wir von 'Baggersee-Seismik' sprechen, denn darum ging es letztlich. Auch wenn wir unser System, wie die Fotos zeigen, gelegentlich auf das Eis zu übertragen hatten, wollen wir uns doch nicht gleich wortschöpferisch betätigen oder gar behaupten, schlechthin die 'Glazial-Seismik' erfunden zu haben.

Bei unseren 3D-Messungen für die Ruhrkohle stießen wir immer wieder auf zum Teil sehr ausgedehnte Baggerseen, die zu Meßlücken führten und diese wiederum zu häßlichen Löchern und Webfehlern im Raster der Untergrundpunkte. Auch zusätzliche Schußpunkte konnten, wegen der Größe der Seen, nicht immer Abhilfe schaffen. Wie sonst aber war der Herausforderung zu begegnen?

Nach verschiedenen Diskussionen mit dem Auftraggeber, mit Beratern und Herren unserer Service-Abteilung, rangen wir uns während einer Freiwoche zu folgender Problemlösung durch:

Den Vermessern war die Aufgabe gestellt, sämtliche Geophonorte und auch jene Stellen, an denen Kabelkupplungen zu setzen waren, mit Polyformbojen (Trag-

„Marine Seismics“ in the Ruhr District

It is not our intention to create new words or to insist on having invented "glacial seismics". In order to handle our topic more modestly we should have perhaps called it "gravel lake seismics", for that is the actual case.

During our 3-D surveys for the Ruhrkohle we have time and again encountered gravel lakes, some with considerable extensions, which have caused survey gaps that in turn led to undesirable holes and "flaws" in the



Geophonauslage über einem zugefrorenen Baggersee. Transportvehikel und Markierungsbojen
Geophone layout crossing a gravel lake. Transport vehicle and marker buoys



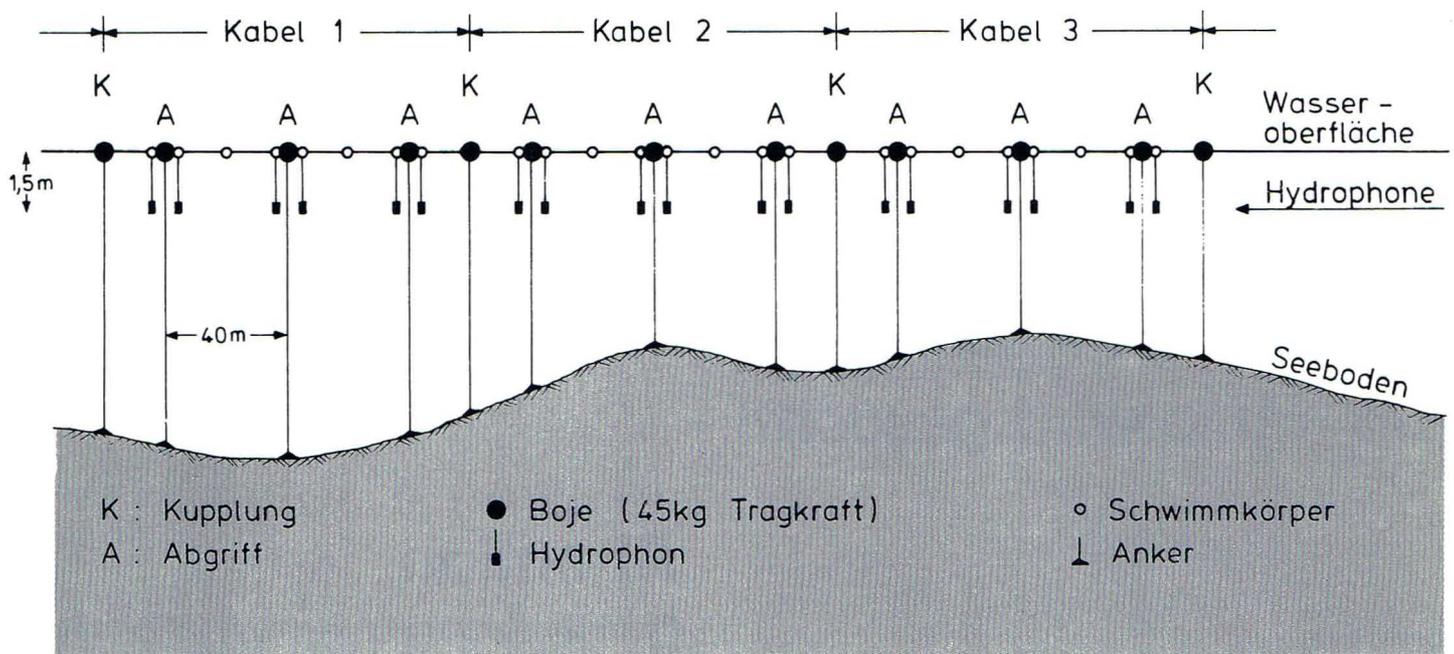
Zur Einbringung von Hydrophonen bw. Geophonen werden mit Baumsägen Löcher in das Eis geschnitten
For lowering hydrophones or geophones into the water, holes are cut into the ice by chain-saws



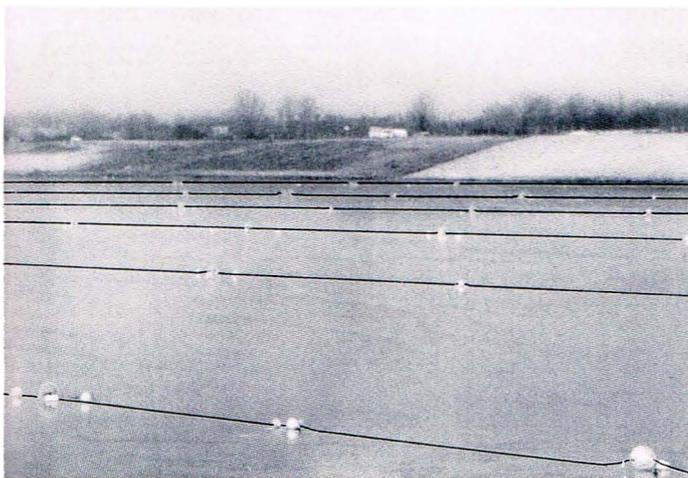
„Eimer-geophone“
„Bucket-geophones“



Auch dieses Vehikel eignet sich zum Transport. Die Typenreinheit bleibt nicht immer gewahrt
Different types of hand constructed sledges are used



**Schema
Scheme**



**Flächenseismik auf dem Eis eines Baggersees
The pattern of 3-D seismics revealed on the ice of a gravel lake**

kraft 45 kg) zu vermarken und diese auf dem Seegrund zu verankern. Unter Leitung eines Meßtechnikers präparierte eine andere Gruppe die Landkabel für den Wassereinsatz, brachte die Abgriffe auf die geforderten Gruppenabstände und sorgte durch Anbringen von Auftriebskörpern (Tragkraft 4 bis 6 kg), daß die Kabel an der Wasseroberfläche schwammen. Soweit das Vorspiel.

Das Zuwasserlassen des Systems war das härteste Stück Arbeit. Wind, Regen, Schnee und Eis machten uns oft das Leben sauer; das Eis zwang uns darüber hinaus zu einigen ungewohnten Praktiken (siehe Fotos). Zur Impulsaufnahme verwendeten wir zwei Hydrophone pro Spur und Anschluß. Einmal, als wir 180 Stationen zu belegen hatten, reichten unsere Hydrophone nicht mehr aus. Ersatzweise pflanzten wir je 6 Geophone einer Kette in halb mit Sand gefüllte Eimer und ließen sie zu Wasser. Diese ‚Eimergeophone‘ hatten bereits einige unserer Holland-Trupps erfolgreich angewendet.

Wie wir uns all das vorzustellen haben, darüber gibt unsere Schemaskizze Auskunft: Von den zu beiden Seiten der Tragbojen angebrachten Schwimmkörpern hängt je ein Hydrophon auf die gewünschte und für die statischen Korrekturen so bekömmliche einheitliche Tiefe von 1,5 m unter Wasseroberfläche herab. Ist der Baggersee zufällig mit Eis bedeckt, dann sägen wir uns Löcher in dasselbe. Der Zentrale raten wir schon jetzt: forscht mal nach, was Schlittenhunde kosten!

subsurface data-point grid. Additional shotpoints can not always provide a remedy because of the size of the lakes. How else could this challenge be confronted?

After various discussions with the client, with advisers and personnel from our Service Department, we struggled through, during a free week, to the following solution:

The surveying crew was given the task to mark all geophone locations and also those points where cable couplings were to be positioned, with polyform buoys (carrying capacity 45 kg), and then to anchor these buoys to the lake floor. Under the supervision of an operator a second crew would prepare the land cables for use in water, shorten the cables to the desired geophone-group distances and attach floats (carrying capacity 4 to 6 kg) to them. The preliminaries so far.

Setting the system to water was the hardest piece of the work. Wind, rain, snow and ice made our lives unpleasant; furthermore the ice forced us to do some unusual practices (see photos).

As receivers we used two hydrophones per trace. One time, when we had to provide for 180 stations, our supply of them was not sufficient. As a substitute we placed bunches of 6 geophones into buckets half filled with sand and lowered them into the water. These "bucket geophones" have been successfully applied by some of our seismic crews in Holland.

The scheme (above) enables us to imagine this set-up: From the floats which are attached to both sides of the support buoy, a hydrophone is suspended at the desired uniform depth of 1.5 m under the water surface, which is so beneficial for the computation of statics. If the gravel lake happens to be covered with ice, then we saw holes in it. We have already advised head office to look into the price of huskies!

Achtung

Preisausschreiben! – Ein Name wird gesucht!

Dr. R. Garber

Wir suchen einen Namen für das am 10. September 1980 in Auftrag gegebene Schwesterschiff der FLUNDER; aber wir suchen nicht irgendeinen Namen, sondern einen ganz besonderen, der offensichtlich schwer zu finden ist.

Der Name soll aus zwei oder drei Silben bestehen und in deutscher, englischer und französischer Sprache, wenn auch nicht unbedingt verständlich, so doch aussprechbar sein, ohne ihn buchstabieren zu müssen und ohne die eigene Zunge abzubrechen. Er soll überdies im Funkverkehr zu identifizieren sein und sich im Klang von den Buchstabierhilfen des internationalen Funkalphabets unterscheiden. Und schließlich soll er das Schwesterschiff der FLUNDER bezeichnen, eines Flachwasser-Meßfahrzeuges also, das flach und breit gebaut ist, ein wenig länger als die FLUNDER, auch ein wenig moderner, aber immerhin der FLUNDER sehr ähnlich. Vielleicht findet man den Namen eines Fisches oder sogar eines Flachfisches, der zu FLUNDER paßt und sich doch hinreichend von ihm unterscheidet.

Attention

Open Competition! – Wanted: a Name!

We are searching for a name for the FLUNDER's sister ship, which was ordered on the 10 September 1980; however, we are not looking for any name, but a quite special one, one which is obviously difficult to find.

The name should consist of two or three syllables and should be pronounceable in German, English and French (though it must not necessarily be understood in each of these languages), without having to spell it and without one's tongue breaking off. What is more, it should be identifiable in radio transmissions and sufficiently differ in tone from key words of the international radio alphabet. Finally, the name should relate to the sister ship, the FLUNDER, a shallow-water survey vessel that is built flat and wide. Although the new boat will be slightly longer and somewhat more modern than the FLUNDER, it will still be very similar. Perhaps the name of a fish or even a flat fish can be found which suits FLUNDER and yet differs sufficiently from it.



**Im Bau: Das Schwesterschiff der VS „Flunder“
Under construction: the sister ship of SV "Flunder"**

Um das Nachdenken anzuregen, setzen wir einen ersten Preis von DM 200,- und einen zweiten Preis von DM 100,- aus für die besten Vorschläge. Der Kreis der Teilnehmer ist nicht begrenzt. Die Auswahl trifft allein und ohne Berufungsmöglichkeit die Geschäftsführung. Wir erwarten die Vorschläge bis zum 5. Januar 1981 auf ei-

In order to encourage deep thought we are offering a first prize of DM 200 and a second prize of DM 100 for the best proposals. Anyone may enter the competition. The winning selection will be made by the management and their decision will be final. Entries should be made on stamped, standard post cards and should also in-

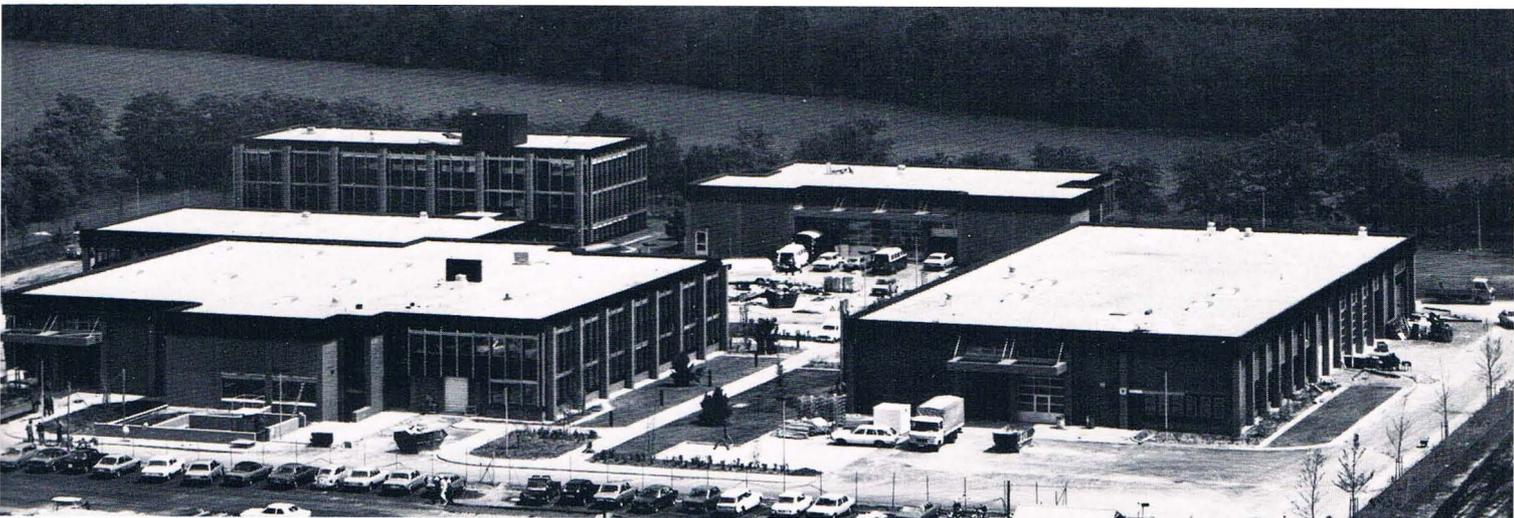
ner ordnungsgemäß freigemachten Postkarte mit der Angabe des Absenders. Gehen mehrere gleiche Vorschläge ein, entscheidet bei der Verteilung der Preise der Poststempel. Aber nur **ein** Name sollte auf der Karte stehen! Wir werden das Ergebnis im PRAKLA-SEISMOS Report 1/81 bekanntgeben.

Die Einsendungen sind zu richten an die **Operationsabteilung**.

clude the sender's particulars. The closing date is 5 January 1981. Should we receive several entries stating the same proposal, the prizes will be allocated according to the date of the post-mark. Only **one** proposal is permitted. We will announce the result of the competition in PRAKLA-SEISMOS Report 1/81.

Please send your post card to our **Operational Department** (Operationsabteilung).

Im neuen Haus



Der erste Bauabschnitt fertig und bezogen

(Foto: Kurt Hölscher)

Wir von der Haar-, Planck- und Wiesenstraße merkten es zuerst am Telefon, daß der Umzug der 'Eupener' in den Neubau in vollem Gange war. Keine vernünftige Antwort kam mehr aus den Hörern. Betriebsferien! Mitnichten!

Den Umzug dokumentarisch festzuhalten, dazu ließ sich nur der unverdrossene H. Pätzold überreden. Das anheimelndste Foto seiner Serie drucken wir ab. Ein trauriges Szenarium, weiß Gott, und gut dazu geeignet, die neuen Bauten und Anlagen in ihrer nüchternen Zweckmäßigkeit, Weite und Eleganz kontrastieren zu lassen.

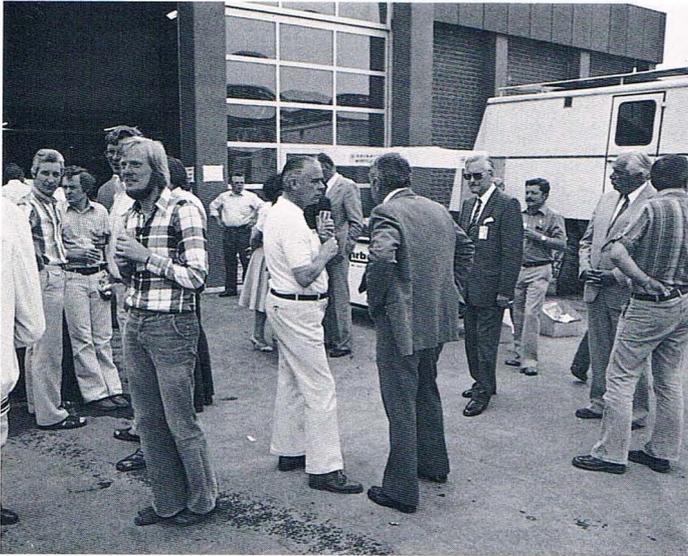
Der Umzug begann Mitte Juni, vollzog sich also in Etappen. Einen Monat später war die Hauptarbeit geleistet. Am 29. 7. 1980 fand eine kleine Einweihungsfeier statt, bei der Dr. H.-J. Trappe einen detaillierten Abriß der Entwicklung unserer Technischen Abteilung gab, die jetzt als erste Gruppe komplett und unwiderruflich ihre endgültige Bleibe finden durfte.

Den anderen Abteilungen aber sei es verraten: Der zweite Bauabschnitt hat schon begonnen!

Die Redaktion



Umzug der „Eupener Straße“



Small talk auf dem Hof während der Einweihung



Dr. H.-J. Trappe spricht anlässlich der kleinen Einweihungsfeier am 29. 7. 1980

Verschiedenes

„Glückauf! Glückauf! ...“

Wer kennt es nicht, das schöne Bergmannslied!? Dr. E. Meixner ist seiner Entstehungsgeschichte nachgegangen. Hier ist ein geraffter Abriß seines Befundes. Denn wo wäre ein Abdruck besser plaziert als in einem Report, der sich vorwiegend mit der Kohle beschäftigt?

Red.

Dr. E. Meixner

Wie das Leben so spielt: Eines Sonntag morgens hörte ich unsere 'Berufshymne' im Radio von einem Bergmannschor gesungen, und ein paar Tage später stieß ich auf das gleiche Lied, als ich im Liederbuch meines Sohnes so vor mich hinblätterte:

„Glückauf! Glückauf! der Steiger kommt,
Und er hat sein helles Licht bei der Nacht ...
Schon angezünd't.“

Allerdings verblüffte mich der Umstand, das Lied in zwei Versionen vorzufinden mit fast gleichem Text: die eine deklariert als 'Volksweise', die andere als 'Weise aus dem Glatzer Bergland'. Das 'Glatzer Bergland' ging mir nicht mehr aus dem Kopf. Daß es im Sudetengebirge Bergwerke gab und damit Bergleute, ließ sich rasch erfragen. Ich forschte weiter. Und wenn es um Liedertexte geht, führt der Weg fast zwangsläufig über die berühmte Sammlung 'Des Knaben Wunderhorn' der Romantiker Achim von Arnim und Clemens von Brentano. Dort fand ich alles Mögliche, nur nicht unser Lied.

Da kam mir Kommissar 'Zufall' zu Hilfe. In einer Zeitschrift entdeckte ich ein mundartliches Bergmannslied, das sich nach anfänglichen Übersetzungsnoten als sehr ähnlich unserem 'Glückauf' entpuppte. Darunter stand der Hinweis, ein gewisser Josef Meinert habe die Weise in seine Sammlung 'Alte teutsche Volkslieder in der Mundart des Kuhländchens' aufgenommen. Und im Schlußsatz fand sich die Bemerkung, daß besagtes Lied aus Pohorsch im Kuhländchen in 'Des Knaben Wunderhorn' Eingang gefunden habe, aber durch zwei zusätzliche Strophen und besonders durch die Übertragung ins Hochdeutsche entstellt worden sei.

Nach einer neuerlichen Durchforstung des vierbändigen 'Wunderhorns' fand ich schließlich, was ich suchte. Was aber hatten unsere Poeten aus dem Lied gemacht!? Den Steiger hatten sie zum Steuermann um-

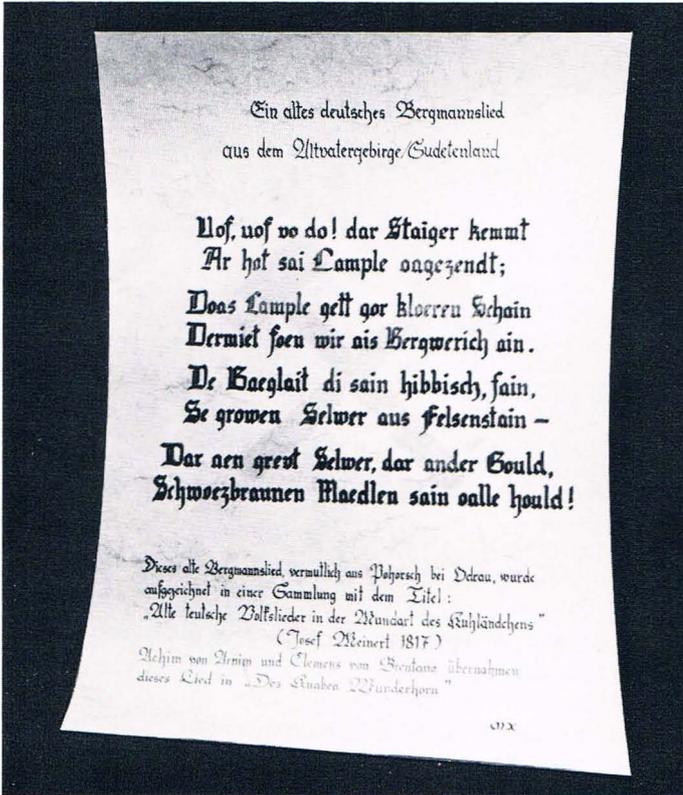


Zur Einstimmung: Dr. E. Meixner in Bergmannskluft

funktioniert und das Ganze mit dem Titel 'Tabakslid' gekrönt. Deshalb also meine Fehlversuche! Wer immer sich den folgenden Liedtext ausgedacht haben mag, er muß ein leidenschaftlicher Raucher gewesen sein, der sich oft und vergebens um Entziehung bemüht zu haben scheint:

Tabak! Tabak! achtträdliges Kraut!
Tabak! Tabak! du stinkendes Kraut.

Wer dich erfand, ist wohl lobenswerth,
Wer dich erfand, ist wohl prügelnswerth.



Das Lied

Jetzt wollte ich natürlich auch noch wissen, wo das Kuhländchen und der Pohorschberg liegen, in dem man damals Silber schlug. Alte Landkarten halfen mir weiter. Nicht weit entfernt vom Glatzer Bergland fand ich schließlich Land und Berg: am Südostrand des Altvatermassivs zwischen Olmütz und Mährisch-Ostrau gelegen, wo Josef Meinert 1817 den mundartlichen Liedertext schließlich für die Nachwelt konservierte.

Mag sein, daß unser Lied schon lange vorher die Bergleute im böhmischen Joachimsthal oder auch in Thüringen auf dem Weg zu ihrer schweren Arbeit in Rübenezahls Schatzkammern begleitet hatte. Die erste mir bekannte Niederschrift ist jedenfalls die nun folgende aus dem Kuhländchen:

Uof, uof vo do! dar Staiger kemmt,
Ar hot sai Lample oagezandt;
Doas Lample gett gor kloeren Schain,
Dermiet foen wir ai's Bergwerich ain.
De Baeglait di sain hibbisch, fain,
Se grown Selwer aus Felsenstain -
Dar aene grevt Selwer, dar ander Gould,
Schwoezbraunen Maedlen sain oalle hould!

In hochdeutsch:

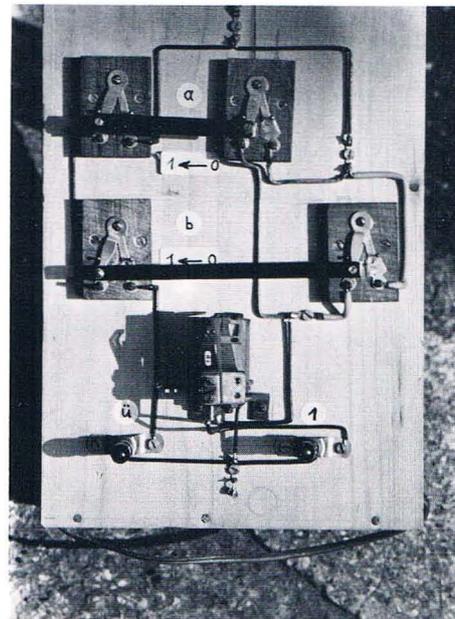
Auf, auf von da! der Steiger kommt,
Er hat sein Lämplein angezündt;
Das Lämplein gibt gar klaren Schein,
Damit fahr'n wir ins Bergwerk ein.
Die Bergleut' die sind hübsch und fein
Sie graben Silber aus Felsgestein -
Der eine gräbt Silber, der andere Gold,
Schwarzbraunen Mädchen sind alle hold!

Wir sehen, der Ruf „Glückauf! Glückauf!“ kommt noch nicht darin vor. Grund genug für mich, ihn wenigstens an den Schluß zu stellen:

Glückauf!

Ein Prospektor wird fündig

Die Erkenntnis, daß $1 + 1$ nicht 2, sondern kurioserweise 10 ergibt, läutete auch in unserer Gesellschaft vor rund 20 Jahren die Computer-Ära ein. **G. Pott**, heute bei einer Forschungsanstalt der Bundeswehr beschäftigt, damals noch mit der Aufgabe belastet, uns das Binär-System schmackhaft zu machen und in den Computern keine verdrahteten Nobelpreisträger, sondern dumme, wenn auch rasend fixe Trottel zu erblicken, sah die elegante Art zur Überwindung unserer Begriffsstutzigkeit in der Anwendung des von ihm konzipierten und hier gezeigten Binär-System-Demonstrations-Geräts (zu deutsch: binary-system demonstration device).



Das Binär-System-Demonstrationsgerät



Ein Fotograf wurde Zeuge, wie **Dr. E. Meixner** das Museumsstück vor dem Müllschlucker rettete. Heute steht das Ding wieder unter Strom: im Sitzungssaal der Redaktion. Addiert man 1 zu 1, leuchtet ein rotes Lämpchen auf und fordert die Etablierung einer neuen Stelle. Denn wie gesagt: $1 + 1 = 10!$

Die Redaktion

Dr. E. Meixners Rettungstat für das PRAKLA-SEISMOS-Museum

Personalzuchtanlage – Ein (nicht stattgefundenes) Interview

Vor einiger Zeit konnten Besucher des Personalrangerbahnhofs P. Bruhn/G. Zeitler jenes hier abgebildete Kästchen bewundern, das die Aufzuchtsergebnisse der vier Spezies:



G. Zeitler bei seinem Versuch, einem Truppleiter den „Durchbruch“ zu erleichtern

- Truppleiter
- Meßtechniker
- Feldleiter/Permit/Vermesser
- Helfer

in einem frühen aber dennoch sehr aufschlußreichen Wachstumsstadium zeigte. Wir schickten einen Korrespondenten, dessen Gespräch mit G. Zeitler wir im folgenden, stark verfälscht, wiedergeben:

Report: Herr Zeitler, bedeutet nicht Ihre fürsorgliche Betreuung dieser Zuchtanlage, die ja nur symbolisch gemeint sein kann, daß Sie als Personalbeweger vor der Problematik Ihrer Aufgabe in eine Art Schrebergarten-Traumwelt flüchten?

Zeitler: Das trifft nicht ganz den Kern der Sache, wenn ich auch Ihrer Äußerung über den Symbolgehalt zustimmen muß ...

Report: Soll das heißen, daß auch in Wirklichkeit die Meßtechniker und Helfer ins Kraut schießen, die Aufzucht der Truppleiter und Vermesser aber hinter den Erwartungen zurückbleibt?

Zeitler: Nicht direkt! Sie kennen ja unsere Sorgen mit den Meßtechnikern ... Und wie man in den Wald hineinruft ...

Report: Sie meinen, wie man den Acker düngt! ...

Zeitler: Genau ...

Report: Aha!

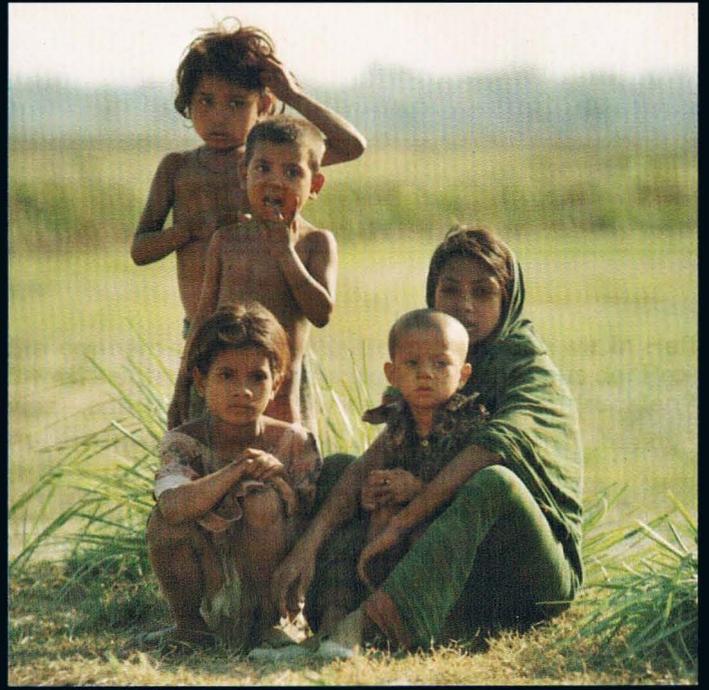
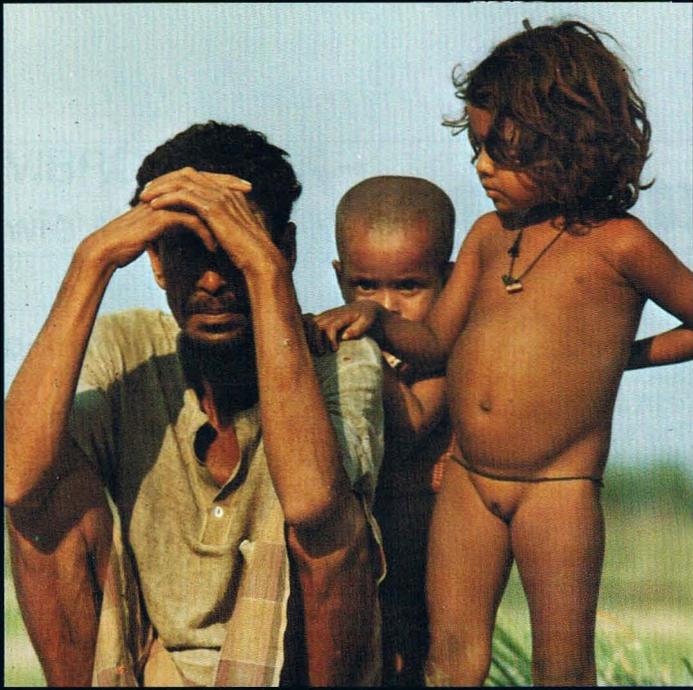
Zeitler: Mit Gießen allein sind auch nicht alle Probleme zu bewältigen ...

Report: Sehr wahr ...

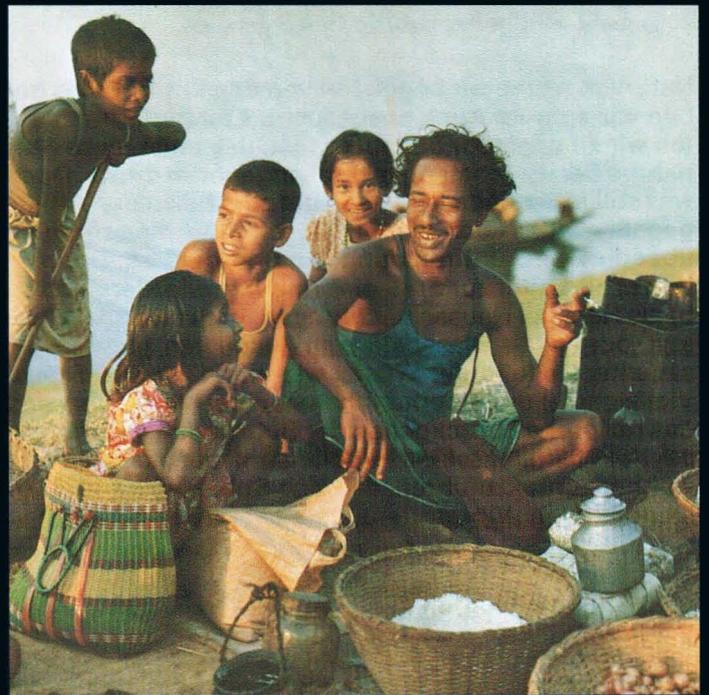
Zeitler: —

Report: Herr Zeitler, wir danken Ihnen für dieses Gespräch.

Die Redaktion



**Bangladesh –
Land und Leute
gesehen von U. Lembcke**



Echos von draußen...

Mit Brechstange und Köpfchen

Die Redaktion erlebt es leider zu selten, daß Leser mündlich oder sogar schriftlich auf einen Artikel reagieren. Die in voller Länge abgedruckte Stellungnahme von **E. E. Nordmann** zum 'Mechaniker-Berufsbild' im letzten Heft hatte den Autoren des Artikels rote Köpfe aufgesteckt vor freudiger Erregung. Hier ist sie:

Sehr geehrte Herren,

Vor einigen Tagen bekam ich den Prakla Report 1/80. Als „alter“ Truppmechaniker interessierte mich Ihre Mechaniker-Story natürlich besonders. Schlecht war sie nicht und einiges davon entsprach sogar der Truppwirklichkeit. Trotzdem gibt es Anlaß zu Kritik. Die dem Artikel beigelegten Fotos stammen noch aus jener Zeit, wo man als Mechaniker den festen Griff um die Brechstange besonders gut beherrschen mußte. Doch inzwischen müssen wir Mechaniker mit den Tücken von Hydraulik, Pneumatik und Elektrik genauso kämpfen, wie früher mit dem Manager um einen Sack Putzlappen. Aus meiner Foto-Sammlung habe ich Ihnen einige Fotos jüngeren Datums herausgesucht und hoffe, daß sie Ihnen gefallen.

Natürlich waren wir begeistert von den Fotos. Eines haben wir zum Abdruck ausgesucht. Erst hinterher stellten wir zu unserem Bedauern fest, daß auch diese Aufnahme der 'Brechstangen-Ära' angehören dürfte. Doch was soll's! Sie hätte jedenfalls gut zum bewußten Artikel gepaßt – oder auch als Beitrag zu einer Monographie über die Zweckentfremdung von Bohrgeräten: Bohrgeräte a) als Leiter zur Ernteeinbringung, wie hier gezeigt, b) als Hilfe bei Hausschlachtungen, wie in Heft 1/80 belegt, oder c) als Blasebalg zum Auspusten spinnenverseuchter Zelte in der Wüste, wie mündlich überliefert. Vielleicht ist das Überhandnehmen der Vibratoren und das reziproke Zurückgehen der Bohrgeräte in der oberbayerischen Molasse auf das Wissen der dortigen Bewohner zurückzuführen, daß sich Bohrgeräte zum Fensterln eignen, Vibratoren glücklicherweise nicht.



E. E. Nordmann im Ernteeinsatz, Libyen

P. S.:

Auf daß uns eines Tages nicht auch die Meßtechniker, Vermesser, Bohrgeräteführer usw. – denn auch sie werden einmal in Form von Berufsbildern über die Klinge springen – den Vorwurf machen können, Fotos aus der 'Schraubenzieher-Ära' oder der 'Über-den-Daumen-Peil-Epoche' zu bringen, bitten wir schon heute um modernes Material.

P. P. S.:

Nicht zu lange damit warten!

Die Redaktion

VIBROSEISMIK – wie sie keiner kennt

Dr. U. Klinge von der Bergbau AG Lippe übersandte uns die Kopie einer ungarischen wissenschaftlichen Arbeit, wofür wir uns herzlichst bedanken. Besonders die Abb. 2 hieraus hatte es ihm angetan. Auch uns. Sie findet sich dort als Schemaskizze zur Erläuterung des Kapitels „Vibroseis-Verfahren“ eingerückt, das wie folgt beginnt:

„Das Vibroseis-Verfahren wird in letzter Zeit in der Mineralölforschung anstatt seismischer Sprengungen an Stellen angewandt, wo seismische Sprengungen nicht durchgeführt werden können (z. B. Wohnorte), vorteilhaft angewandt. Das Wesen dieses Verfahrens ist in Abb. 2 zu sehen.“

Dennoch: Skepsis ist am Platze. Was selbst in unserer Sprengstoff-Glanzzeit meines Wissens nie gelang: ein Haus so trennscharf in zwei Teile zu zerlegen, das soll der Vibroseis möglich sein?

Vibroseis: moderne Abbruchtechnologie?

Vibroseis: letzter Ausweg bei Erb- und Scheidungs-Trouble?

– Wir bleiben skeptisch!

Die Redaktion

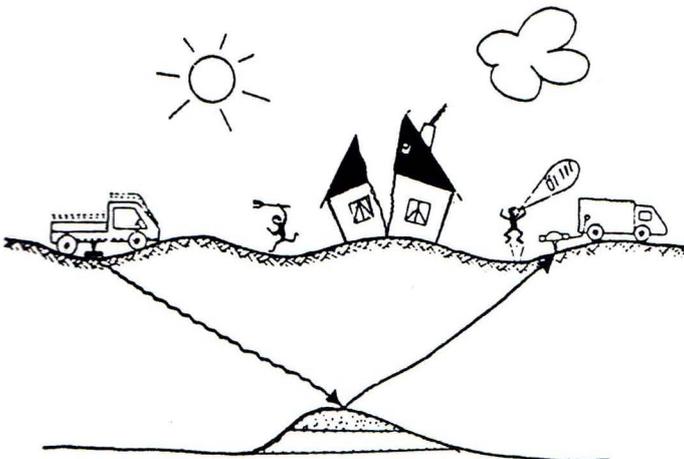


Abb. 2

Wer fährt denn nun?

Sie erinnern sich an jenes Schreiben, das wir in Heft 3+ 4/79 unter der Überschrift „Tröstliches aus der Provinz – oder: Licht am Ende des Tunnels?“ abdruckten?

Ein zweiter Brief des gleichen Verfassers erreichte nun unsere Geschäftsführung:

Betreff: Ölvorkommen

Ich wußte, daß die Bohrung nach Öl im Raum Großseitingen nur eine Handvoll von dem bringt, was man eigentlich erwartete und habe es dem Bergamt mitgeteilt, was auch eintraf.

Ich habe auch mitgeteilt, daß ich und sonst niemand weiß, wo das größte Ölvorkommen in Deutschland ist, denn ich wurde eines Tages dort hingeführt (mit dem Auto) und mir wurde gesagt, dort liegt das Öl, dort sollen die Fördertürme stehen, auch die Tiefe zum Öl wurde mir gesagt.

Kommen Sie zu mir, ich zeige Ihnen wo das Öl liegt.

Hochachtungsvoll!

Die Redaktion hat Verständnis für die sichtliche Verärgerung des Schreibers, auch für die Ungeduld eines unserer Geschäftsführer, der da an den Briefrand schrieb: „Wer fährt denn nun hin?“ –

Auch wir stellen diese Frage deutlich lesbar in den Raum: Ja zum Kuckuck, wer fährt denn nun!?

Die Redaktion

Das Rätsel des Monats

eingesandt von **H. B. Oberheuser**, Meßtechniker bei Trupp U. Brandt:

- Kennen Sie den Unterschied zwischen einem Truppleiter und einem Terroristen?
- Der Terrorist hat Sympathisanten!

