

PRAKLA-SEISMOS Report

4
71



Der Vorsitzende des Betriebsrates berichtet

Wie schon im Bericht des Betriebsrates über die Oktober- und Novembersitzungen erwähnt, fand die öffentliche Sitzung des Arbeitsgerichts über den Einspruch gegen die Wahl der Arbeitnehmervertreter zum Aufsichtsrat der PRAKLA-SEISMOS am 11. 10. 1971. statt. Auf Grund der während der Gerichtsferien eingetretenen Veränderungen innerhalb unseres Betriebes wurde der Einspruch beim Arbeitsgericht von Seiten der Antragsteller kurzfristig zurückgezogen. In der stattgefundenen Verhandlung beschloß und verkündete das Arbeitsgericht, daß das Verfahren eingestellt ist. Es war beabsichtigt, schon in dieser Ausgabe des PRAKLA-SEISMOS-Report näher auf das neue Betriebsverfassungsgesetz einzugehen. Bei Redaktionsschluß lag jedoch erst der Termin – etwa zweite Novemberwoche – für die zweite und dritte Lesung im Plenum des Deutschen Bundestages vor. Daran anschließend erfolgt die Behandlung im Bundesrat. Wenn dieses Gremium Änderungen geltend macht und der Vermittlungsausschuß eingeschaltet werden muß, wird die dann nochmals erforderliche und endgültige Abstimmung im Bundestag am 17. 12. 1971 stattfinden. Obwohl diese Terminfolge als sicher gilt, ist eine Ab-

weichung von derselben nicht auszuschließen. Trotzdem wird damit gerechnet, daß das neue Betriebsverfassungsgesetz am 1. 1. 1972 in Kraft treten kann. Die zur ordnungsgemäßen Durchführung der Betriebsratswahl im Frühjahr 1972 erforderliche Wahlordnung wird wegen der Kürze der noch zur Verfügung stehenden Zeit schon vor Verabschiedung des neuen Betriebsverfassungsgesetzes durch den Bundestag im Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung beraten. Aus diesem Grunde ist damit zu rechnen, daß unmittelbar nach der Verkündung des Betriebsverfassungsgesetzes auch die Wahlordnung erlassen wird. Der bisher vorliegende Gesetzentwurf und die in den letzten Tagen bekannt gewordenen Änderungsvorschläge des Bundestagsausschusses für Arbeit und Sozialordnung sehen eine Reihe wesentlicher Verbesserungen gegenüber dem alten Betriebsverfassungsgesetz vor.

Nach Verabschiedung des neuen Betriebsverfassungsgesetzes und Vorliegen des endgültigen Textes werden wir im PRAKLA-SEISMOS-Report weiter darüber berichten.

Aus dem Inhalt

	Seite
Zum Jahreswechsel 1971/72	3
50 Jahre angewandte Seismik	4
ALYS	
Eine automatische Geschwindigkeitsanalyse	10
Digitale VIBROSEIS-Meßausrüstung an ÖMV verkauft	11
PROSPEKTA	
Messungen westlich Grönland und Island	13
Ingenieurgeophysik im Hochgebirge	16
Schach dem Computer	20

Titelseite: PROSPEKTA und METEOR im Hafen von Reykjavik

Rückseite: Ingenieurgeophysik im Hochgebirge

Herausgeber: PRAKLA-SEISMOS GmbH,
3 Hannover, Haarstraße 5

Schriftleitung und Zusammenstellung: Dr. R. Köhler

Graphische Gestaltung: Kurt Reichert

Satz und Druck: Dürkopf-Druckerei, Langenhagen

Druckstöcke: Claus, Hannover

Zum Jahreswechsel 1971/72

Wieder einmal denken wir ganz besonders an unsere Mitarbeiter im Ausland, die auch zur besinnlicheren Zeit an der Jahreswende fern ihrer Familie – genauso wie während des ganzen Jahres – im Einsatz stehen.

Das Jahr 1971 wurde geprägt durch eine starke Rationalisierung in allen Bereichen unseres Betriebes; nur dadurch konnten wir den harten Wettbewerb auf dem Weltmarkt bestehen.

Das Zusammenwachsen der Firmen PRAKLA und SEISMOS, das 1963 begann, wurde in diesem Jahre durch die Übernahme des Personals und der geophysikalischen Aktivitäten der SEISMOS durch die PRAKLA zum Abschluß gebracht.

Die PRAKLA Gesellschaft für praktische Lagerstättenforschung GmbH wurde in PRAKLA-SEISMOS GMBH umbenannt. Sie wird unter diesem Namen die nun 50-jährige Tradition der deutschen angewandten Geophysik fortsetzen. Die SEISMOS besteht weiter als PRAKLA-SEISMOS GEOMECHANIK GMBH. Ihr wurde die Aufgabe gestellt, die bereits früher bei der SEISMOS ausgeübte Bohrtätigkeit wieder aufleben zu lassen. Damit verfügen wir jetzt über einen eigenen Bohrbetrieb, womit der Bohrbereich eine breitere Basis gewonnen hat.

Der Gesellschaftsvertrag der PRAKLA-SEISMOS GMBH wurde dahingehend geändert, daß Geräte nicht nur für den Eigenbedarf hergestellt, sondern auch verkauft werden können. Die Umsätze bei dem Verkauf von Geräten nahmen stetig zu und haben in diesem Jahr ihr bisheriges Maximum erreicht.

Trotz härtester Konkurrenz konnte die PRAKLA-SEISMOS den Umfang ihrer Tätigkeit im landseismischen Bereich, vor allem durch die Einsatzbereitschaft der Mitarbeiter, halten.

Durch die Inbetriebnahme des Großrechners CD 6600 gelang es, bei verfeinerten und weiter ausgebauten Rechenprozessen deren Kosten zu senken und die Kapazität des Datenzentrums bedeutend auszuweiten.

Das Jahr 1971 war auch das Probejahr für unsere im August 1970 in Dienst gestellte neue „PROSPEKTA“; sie hat sich, besonders auch in den grönländischen Gewässern, bestens bewährt.

Die Abteilung Aeromagnetik war mit Aufträgen im Ausland voll ausgelastet und konnte darüber hinaus durch eine dritte Meßgruppe mit schnell installierbarer Meßeinrichtung vergrößert werden.

Erfreulich war auch die Ausweitung der Auswertungstätigkeit in der zweiten Hälfte 1971 durch umfangreiche Leistungsaufträge für ausländische Firmen.

Die Erfolge in den verschiedenen Abteilungen trugen dazu bei, den Jahresumsatz beträchtlich zu steigern, so daß das Jahr 1971 voraussichtlich mit einem guten Ergebnis abschließen wird.

Eine Voraussage für das Jahr 1972 ist schwierig. Die große Aktivität im Ausland macht uns vom weltpolitischen Geschehen abhängig. Die zur Zeit ungeklärte Währungssituation und die Ungewißheit über die Kostenentwicklung beeinträchtigen unsere Wettbewerbsfähigkeit auf dem Weltmarkt. Den Mitarbeitern unserer Gesellschaft hat es aber noch nie an Ideen und an der Bereitschaft gefehlt, diese Ideen in die Tat umzusetzen. Dieses fundamentale „Kapital“ sowie die bisher übersehbare Auftragslage berechtigen uns – so meinen wir – zu einem vorsichtigen Optimismus auch für das kommende Jahr.

Die Geschäftsführung dankt allen Mitarbeitern für die zum Teil unter schwierigsten Bedingungen geleistete Arbeit.

Allen unseren Mitarbeitern im Inland und Ausland und ihren Familien wünschen wir ein frohes Weihnachtsfest und ein gutes Jahr 1972.

50 Jahre angewandte Seismik

Vortrag von Th. Krey auf der EAEG-Tagung 1971 in Hannover

Viele in diesem Vortrag mitgeteilten Tatsachen stammen von George Elliot Sweet. Meiner eigenen Erfahrung wurden mündliche Mitteilungen älterer Kollegen hinzugefügt.

Wenn wir nach dem Geburtstag einer angewandten Wissenschaft oder Technik fragen, ergeben sich gewisse Probleme. Sollten wir uns auf den Zeitpunkt beziehen, an dem die ersten Ideen auftauchten, die dann zu einer neuen Technik führten? Sollten wir die ersten tastenden Versuche gelten lassen, auch wenn sie noch keine wirtschaftlichen Konsequenzen hatten? Oder welche anderen Gesichtspunkte sollten als maßgebend betrachtet werden?

Für die angewandte Seismik gibt es – so glaube ich – ein Datum, auf das ihr Geburtstag passenderweise gelegt werden könnte. Ich denke hierbei an die Gründung der SEISMOS GMBH am 4. April 1921 vor etwa 50 Jahren, weil zu dieser Zeit die angewandte Seismik zu einer wirtschaftlich genutzten Methode wurde.

Nun, meine Damen und Herren, wir alle wissen, daß einer Geburt gewisse Dinge vorangehen und dies gilt auch für die angewandte Seismik. Ich will jedoch nicht bei Ideen und Versuchen verweilen, die keine praktischen Folgen hatten, obwohl sie sicherlich sehr interessant gewesen sein mögen wie z. B. die Tätigkeit der Geological Engineering Company mit Hasemann, Karcher, Eckardt und McCollum i. J. 1920. Sie konnten tatsächlich seismische Reflexionen bereits im Juni 1921 beobachten, wie z. B. Robinson in seinem Aufsatz „History of Geophysical Exploration“ im Time Break, Spring 1971, berichtete.

Sehr oft ergibt sich die fundamentale Idee für eine neue Technik durch das Zusammenwirken von zwei oder mehreren Zweigen der Wissenschaft. Die Bergbauwissenschaft und die Geophysik waren Mintrop vertraut. Ihre Kombination durch ihn führte zur neuen Technik der Explorationsseismik, die inzwischen so wichtig geworden ist.

Von der Bergbauermessung kannte Mintrop die Probleme, die eine Lösung erforderten und durch seine Studien bei Wiechert sowie Beobachtungen während des ersten Weltkrieges gelang ihm diese Lösung. Diese Ideen wurden in den Jahren 1917 und 1919 patentiert und durch seine wohlbekannte Vitalität in praktische Tätigkeit umgesetzt.

Wie die meisten von Ihnen sicherlich wissen, wandte Mintrop die refraktionsseismische Methode in vielen Teilen der Welt während der Zwanzigerjahre erfolgreich an. Der Hauptbereich seiner Tätigkeit lag jedoch weder in Deutschland noch im übrigen Europa, sondern in den USA und in Mexiko. Er suchte nach Salzdomen, fand sie und verschiedene Ölfelder, die an diese gebunden waren. Aber auch andere Arten geologischer Strukturen wurden durch ihn erfolgreich untersucht.

Der Truppleiter des ersten seismischen Trupps, der beim Aufsuchen eines Ölfeldes an einem Salzdom – dem Orchard Dome – Erfolg hatte, sitzt unter uns. Es ist der jetzt neunundsiebzigjährige Dr. Otto Geußenhainer.

Etwa ab 1925 begannen amerikanische Gesellschaften mit refraktionsseismischen Messungen. Besonders erwähnen möchte ich hier die Geophysical Research Corporation und die Namen Everett, De Golyer und I. C. Karcher sowie Marland in Ponca City und seine Geophysical Division, die so berühmte Namen wie z. B. Burton, McCollum und Frank Rieber einschloß.

EAEG-Meeting June 1971

50 years of exploration seismics

A paper by Th. Krey, given at the EAEG-Meeting 1971 in Hannover.

Much of the facts presented in this paper are extracted from George Elliot Sweet. Furthermore oral communications by older colleagues have been added to my own experience.

If we ask for the birthday of an applied science or technique certain problems arise. Should we stick to the time when the first ideas leading to the new technique appeared? Should we stick to the first tentative tests, even if they did not have any economic consequences? Or which other points of view are decisive?

I feel that for exploration seismics there is a date which can most suitably be regarded as being its birthday. I think of the foundation of SEISMOS GMBH on the 4th of April 1921 which is about 50 years ago, because at that time exploration seismics started to become an economical industry.

Now, ladies and gentlemen, we all know that each birth has some preceding events, and this is also valid for applied seismics. But I shall not stay on ideas and tests which had no practical consequences, though they may be very interesting, as e.g. the activity of the Geological Engineering Company with Hasemann, Karcher, Eckardt and McCollum, in 1920. In fact they succeeded in observing seismic reflections as early as June 1921 as reported by W. B. Robinson in his paper “History of Geophysical Exploration“ in The Time Break, Spring 1971.

Very often, the fundamental idea for a new technique is created by relating two or more branches of sciences to each other. With exploration seismics, mining surveying, an essential branch of mining sciences and geophysics were combined in the brains of Mintrop, and this combination led to the origin of the new technique which has become so important in the meantime. From mining surveying Mintrop knew the problems which required a solution and from geophysics in his studies at Wiechert's observatory, and by observations

Die Reflexionsseismik und die Entwicklung der Registrierertechnik

Heute fragen wir uns: Warum vernachlässigte Mintrop die Reflexionsseismik? Ich glaube, der Grund dafür ist darin zu suchen, daß die Zeit für die Anwendung dieser Explorationsmethode, die heute so wichtig ist, technisch noch nicht reif war. Mintrop und seine Schüler machten nur einige schüchterne Versuche, die, wie wir heute wissen, in einem ungünstigen Gebiet stattfanden. Aber auch die ersten Versuche in den USA führten zu keinerlei praktischen Konsequenzen. Dies ist, beim heutigen Stand unseres Wissens, gut zu verstehen. Das Erkennen von Refraktionseinsätzen – wobei man sich ausschließlich auf Ersteinsätze beschränkte – war nicht sehr schwierig, wenn die Störenergie nicht groß und die Eigenfrequenz der Geophone niedrig genug war. Mintrops Geophone hatten eine Eigenfrequenz von etwa 10 Herz. Für die Refraktionsseismik war deshalb das Nutz-zu-Störverhältnis kein besonderes Problem.

In der Reflexionsseismik sind die gewünschten Nutzsignale überdeckt von vielen anderen Bodenschwingungen, die vornehmlich durch den Schuß ausgelöst werden. Deshalb erkannte man sehr bald, daß es notwendig sein würde, die Reflexionssignale durch besondere Mittel zu betonen, um sie von den unerwünschten Bodenschwingungen unterscheiden zu können. Dies gelang schließlich durch die Erfindung der Zentralregistrierung von mehreren Spuren, wobei man sich die Fortschritte zunutze machte, die auf den Gebieten der Elektrotechnik und vor allem der Elektronik erzielt worden waren. In diesem Zusammenhang erwähne ich besonders die Entwicklung der elektronischen Röhren und Verstärker während der Zwanzigerjahre. Die Hinzuziehung eines neuen Zweiges der Wissenschaft, der Elektronik, in die angewandte Seismik führte so zu einem entscheidenden Fortschritt.

Heute würden wir sagen, daß die Zentralregistrierung ermöglichte, mit dem menschlichen Auge eine Korrelation von Spur zu Spur durchzuführen. Hierbei sollte ich wiederum die Geophysical Research Corporation erwähnen. Sie bauten – soviel ich weiß – den ersten elektronischen Verstärker etwa um 1925 und eine seismische Apparatur mit vier Spuren um 1928. Nur ganz nebenbei möchte ich darauf hinweisen, daß Instrumente aus dieser frühen Zeit, ebenso wie eine Mintrop-Station und ein elektronischer Verstärker von Petty, im Museum für angewandte Geophysik in Houston zu sehen sind. Obwohl die erste kommerzielle und erfolgreiche reflexionsseismische Messung bereits im Jahre 1927 durch Duncan ausgeführt worden war, fand die Reflexionsseismik erst allgemeine Verbreitung nach 1930, wobei sie die meisten Refraktionstrupps ersetzte. Es war das Jahr, in dem die GSI gegründet wurde und die Society of Exploration Geophysicists entstand mit De Golyer und Mintrop als den ersten Ehrenmitgliedern.

In Deutschland setzte die Entwicklung reflexionsseismischer Instrumente etwas später ein, vorangetrieben durch Friedrich Trappe, Waldemar Zettel (er sitzt unter uns) und Hubert Lückerath, der den ersten Reflexionstrupp in Deutschland leitete. Die erste kommerzielle Reflexionsuntersuchung wurde, im September 1934 beginnend, für eine Kohlengrube durchgeführt.

Die Zentralregistrierung war wirklich ein wichtiger Fortschritt. Sie war die Vorbedingung für viele weitere

which he made during World War I, he found a solution. His ideas were patented in 1917 and in 1919 and were transferred into practical activity by Mintrop's well-known vitality.

As most of you certainly know Mintrop successfully applied the refraction seismic method in many parts of the world during the twenties. But his main activity was not in Germany or in Europe but chiefly in the United States of America and in Mexico. He prospected for salt domes and found them and various oil fields connected to these domes resulted. But other kinds of geological structures were also successfully examined by him.

The party chief of the first seismic party successful in finding an oil bearing salt dome, the Orchard Dome, is sitting among us. It is Dr. Otto Geussenhainer, 79 years old now.

Starting from about 1925 American societies too became active in refraction seismics. I specially should like to mention the Geophysical Research Corporation and the names of Everett, De Golyer and I. C. Karcher, furthermore Marland in Ponca City and his geophysical division including such famous names as e.g. Burton, McCollum, and Frank Rieber.

Reflection Seismics and the Development of Recording Technique

Today we may ask: Why did Mintrop practically neglect reflection seismics? I feel the reason is that the time was not yet technically prepared for the use of this exploration tool which is so important today. There were only some tentative tests by Mintrop and his scholars and as we know from today's experience these tests were not in a favourable area. But neither did the first interesting tests in the United States of America lead to great practical consequences. This can well be understood from our present knowledge. Recognizing refraction events, which were nearly exclusively first arrivals according to the usage of that time, was not very difficult if the ambient noise was not too large, and if the natural frequency of the geophone was low enough. With Mintrop's geophone this frequency was approximately 10 cps. The signal-to-shot-noise-ratio was therefore no important problem for refraction seismics.

With reflection seismics desired signals are mixed with a lot of other ground movements originating from the shot. Therefore it was very soon realized that it would be necessary to enhance the reflection signals by special means in order to discriminate between them and the undesired ground movements. This resulted in the invention of recording centrally a multiplicity of traces by applying the advances which electrotechnics and especially electronics had gone through. In this context I specially mention the development of valves and electronic amplifiers during the twenties. The incorporation of a new branch of science, that is electronics, into exploration seismics, thus led to a decisive advance.

According to today's thinking the success which was reached by central recording was the possibility of making visual correlation from trace to trace. In this context I should like to mention again the Geophysical Research Corporation. They built the first electronic amplifiers by 1925 to my knowledge and a four trace

Entwicklungsschritte, die noch erwähnt werden sollen. Übrigens wurde erst vor kurzem die Zentralregistrierung mit der Anwendung von Gruppenanordnungen in die normale wissenschaftliche Seismik eingeführt.

Während der Dreißigerjahre erkannte man, daß in vielen Gebieten die Zentralregistrierung allein nicht genügte, um Reflexionen aus allen gewünschten Tiefen zu erhalten. Aber der Gebrauch elektronischer Verstärker ermöglichte es, alle Fortschritte in der Elektronik auch in die angewandte Seismik einzuführen. Hier muß an erster Stelle die Regelung erwähnt werden. Die notwendige Anzahl von Schüssen konnte besonders durch die automatische Regelung wesentlich vermindert werden. Durch die Erhöhung der Verstärkerzahl pro Registriereinheit und Fortschritte in der Bohrtechnik wurde es möglich, mit dem „kontinuierlichen Schießen“ zu beginnen. Mittels elektrischer Filter konnte die Trennung von Reflexions- und Störwellen im Frequenzbereich durchgeführt werden. Sehr bald jedoch wurde auch der Versuch gemacht, diese verschiedenen Wellen durch den Gebrauch von Geophongruppen und Schußpunktgruppen im Wellenzahlbereich zu trennen. Aber erst nachdem die Größe und der Preis der Geophone wesentlich reduziert werden konnten und nachdem das Bohren der Schußpunkte sehr viel schneller ging, ließ sich diese Methode wirtschaftlich durchführen. Ich erinnere mich, daß Anfang 1940 mit Erfolg fünf Geophone pro Spur verwendet wurden. Doch wir mußten diese Technik aus Mangel an Geophonen bald wieder einstellen.

Hier sehen wir wieder einmal, daß neue Erkenntnisse allein für den Fortschritt nicht entscheidend sind, sondern daß sehr oft technisch-wirtschaftliche Entwicklungen hinzukommen müssen. In diesem Falle wurde für die Reduktion der Geophongröße die Entwicklung neuen magnetischen Materials äußerst wichtig.

Ein weiterer Fortschritt für die angewandte Seismik war die Einführung des reproduzierbaren Registrierens. Es wurde ermöglicht durch die Entwicklung des magnetischen Registrierens von Mitte bis Ende der Fünfzigerjahre, obwohl auch optische Methoden erfolgreich angewandt wurden. Hier waren wieder fundamentale Ideen sehr viel älter als ihre technische Entwicklung. In diesem Zusammenhang muß Frank Rieber erwähnt werden, dessen grundsätzliche Veröffentlichungen aus den Jahren 1936 bis 1937 stammen.

Dank der Reproduzierbarkeit der registrierten Daten konnten diese vielen Rechenprozessen unterworfen werden. Es ist hochinteressant zu wissen, daß die Vorschläge für diese Rechenprozesse in der Regel älter waren als die Technik der magnetischen Aufnahme und Wiedergabe; auf alle Fälle waren sie älter als die digitale Bearbeitung von seismischen Daten. Ich erwähne vor allem das Filtern im Zeitbereich und die Optimum-Filterung, die bereits in Geophysics Vol. XX, No. 2 im Jahre 1955 durch Simpson veröffentlicht worden war. Ich erwähne weiter die Dekonvolution, die bereits in einem Aufsatz in Geophysics Vol. XXII, No. 4, 1957, von Robinson beschrieben wurde; und schließlich die statischen und dynamischen Korrekturen sowie die Mehrfachüberdeckung, die bereits zu Anfang der Fünfzigerjahre durch Harry Mayne erfunden wurde.

All diese Prozesse dienten dazu, die Erkennbarkeit der gewünschten seismischen Signale zu verbessern, eine genauere zeitliche Bestimmung ihrer Einsätze zu ermöglichen und eine bessere Auflösung bei kurz auf-

recorder by 1928. By the way, equipment of that early time, including a Mintrop station and a Petty electronic amplifier are to be seen in the museum for applied geophysics in Houston.

Though the first successful commercial reflection seismic survey had already been carried out in 1927 by Duncan, reflection seismics became a widespread technique, replacing most of the refraction parties, only after 1930, the year when GSI was founded and when the Society of Exploration Geophysicists came into being with de Golyer and Mintrop as the first Honorary Members.

In Germany the development of reflection seismic equipment was somewhat younger. Here it is mainly due to Friedrich Trappe, Waldemar Zettel, who is sitting among us, and Hubert Lückeroth, who was the first reflection party chief in Germany. The first commercial reflection party commenced in September 1934, the client being a coal mining company.

Central recording was indeed an important advance and corresponded to the requirements of the oil and mining industries. It was the precondition for many further steps of development which are still to be mentioned. By the way, central recording was introduced in normal scientific seismics only quite recently with the introduction of arrays.

During the thirties it was realized that central recording alone was not sufficient in many areas in order to get reflections from the desired depths. But the way taken to use electronic amplifiers made possible the incorporation of all advances in electronics into exploration seismics in a reasonable manner. Here in the first place gain control has to be mentioned. Especially by automatic gain control the necessary number of shots could be essentially reduced. By increasing the number of amplifiers per recording truck and by advances in shot hole drilling it became possible to start with continuous profiling. By electric filters the separation of reflection and noise waves could be carried out in the frequency domain. But very soon the attempt was also made to separate these different kinds of waves in the wave number domain too, i.e. by using multiple geophones and shots. But this intention only succeeded economically after the size and the price of geophones could be essentially reduced, and after shot hole drilling exhibited important advances.

I remember we successfully used 5 geophones per trace early in 1940. But we had to stop this technique due to a lack of geophones.

Here, too, we see that fundamental new knowledge alone is not decisive for progress, but very often technical-economic developments have to be added. In this case the development of new magnetic materials had been most important in reducing the size of geophones.

A further advance for exploration seismics was the introduction of reproducible recording, which was made practicable by the development of magnetic recording during the middle and end of the fifties, although optical methods also have been used successfully. Here too the fundamental ideas were much older than the technical development. In this context I mention the name of Frank Rieber, whose fundamental papers were from 1936 to 37.

Due to reproducible recording a lot of computing processes could be carried out with the data recorded. It is

einanderfolgenden Signalen zu gewährleisten; sie beruhen teilweise auf früheren mathematischen Veröffentlichungen oder Büchern. Hier muß besonders Norbert Wiener erwähnt werden. Was jedoch die Mehrfachüberdeckung und die Abschwächung der Multiplen durch diese Methode betrifft, scheint der Ursprung dieser Idee unabhängig von anderen Wissenschaften oder Techniken zu sein.

Soweit möglich, wurden die erwähnten Rechenprozesse um 1960 von Analogrechnern ausgeführt. Verschiedene Apparaturen wurden gebaut, um korrigierte, gefilterte und gestapelte Seismogramme zu liefern. Magnetische Delay-line-filter – von Jones i. J. 1955 beschrieben – wurden gebaut, um im Zeitbereich zu filtern. Durch das magnetische AM-Registrieren mit Miniköpfen konnten weitere seismische Daten aufaddiert werden usw.

Nach kommerzieller Verfügbarkeit von Laser-Lichtquellen wurde es möglich, sehr schnell Seismogrammprofile zu erhalten, die mit zweidimensionalen Filtern im Frequenz- und Wellenzahlbereich behandelt worden waren.

Der wichtigste Durchbruch in der exakten Routineausführung all dieser erwünschten Rechenprozesse war die Einführung der Digitalrechner in der Mitte der Sechzigerjahre. Dieser Schritt war möglich geworden durch Fortschritte in der Elektronik, besonders durch die Entwicklung der Transistoren und der integrierten Schaltungen. Darüber hinaus wurde die Erfindung gewisser peripherer Einheiten, z. B. des Konvolvers, wichtig für den praktischen Gebrauch von Rechnern in der angewandten Seismik.

Die natürliche Folge des Gebrauchs von Digitalrechnern war die Einführung der Digitalregistrierung im Feld, um die Präzision in Aufnahme und Verarbeitung der Daten in Einklang zu bringen. Bei der Lösung dieser und anderer Fragen schuf die seismische Instrumenten-Industrie die Möglichkeit, laufend immer genauere Informationen aus den seismischen Daten herauszuholen.

Die Entwicklung der Energiequellen, Schießtechnik

Bislang ist die Entwicklung des Registrierens und Bearbeitens der seismischen Daten sicherlich der interessanteste und wichtigste Teil der Geschichte der Explorationsseismik. Die Entwicklung der seismischen Energiequellen darf jedoch nicht vergessen werden.

Nach anfänglichen Versuchen mit Fallgewichten im Jahre 1910, entschloß sich Mintrop sehr bald zum Gebrauch von Sprengstoff als seismischer Energiequelle; lange Zeit hindurch wurde er an der Erdoberfläche gezündet. Die von dieser Methode herrührenden starken Oberflächenwellen konnten die Refraktionsseismik nicht beeinträchtigen. Der hohe Verbrauch an Sprengstoff und die unangenehmen Begleiterscheinungen, wie zerbrochene Fensterscheiben usw., erzwangen jedoch das Schießen unter der Erdoberfläche. Und so entstand das Bohren von Schußlöchern. Hier haben die Erfordernisse der angewandten Seismik der Industrie für Flachbohrungen einen starken Anreiz gegeben und dieser Anreiz hatte wiederum einen positiven Einfluß auf die Explorationsseismik.

Sehr bald – etwa um 1927 – war beobachtet worden, daß ein Schießen unter der oberflächennahen Schicht mit langsamer Geschwindigkeit, d. h. unter der Verwitterungszone oder unter dem Grundwasserspiegel, eine beträchtliche Abschwächung der Oberflächen-

interesting to learn that the proposals for these computing processes were on a rule older than the technique of magnetic recording and reproducing, in any case they were older than the digital processing of seismic data. I specially mention the time-domain-filtering, the optimal filtering, which had already been published in Geophysics Vol. XX, No. 2, by Simpson in 1955. I further mention deconvolution, which was already contained in a paper by Robinson in Geophysics Vol. XXII, No. 4, 1957; and furthermore static and dynamic corrections and in context with them the multiple coverage technique, which had already been invented by Harry Mayne in the early fifties.

All these processes were intended to improve the recognizability of the desired seismic signals and to enable a more precise determination of the times of these events, as well as a better separation of such signals which have only a short time interval between each other. These processes are partly based on preceding mathematical papers or books. Here specially Norbert Wiener has to be mentioned. As to multiple coverage and the possibility of attenuating multiple reflections by this method, however, the origin of this idea seems to be independent of other sciences or techniques.

As far as possible the computing processes mentioned were carried out by analog computers by 1960. Various instruments were designed to deliver corrected, filtered and stacked records. Magnetic delay-line-filters as described by Jones 1955 were built in order to filter in the time domain. By magnetic AM recording with mini heads it became possible to add seismic data. Etc. etc. . .

By the commercial availability of Laser light sources it became possible to get very rapidly record sections which had been treated with two-dimensional filtering in the frequency and wave-number domain.

The most important breakthrough in the precise routine execution of all these desired computation processes was the introduction of digital computers in the mid sixties. This step had become possible by advances in electronics, especially by the development of transistors and integrated circuits. Moreover the invention of certain peripheral units, e. g. the convolver had been important for the practical use of computers in exploration seismics.

The natural consequence of the use of digital computers for processing was the introduction of digital recording in the field in order to match the precision of recording to the precision of the digital processing. By solving this and other tasks the industry of manufacturing seismic instruments created the possibility of extracting continually more and more precise information from the seismic data.

The Development of Energy Sources Shooting Technique

The development of recording and processing the seismic data is certainly the most interesting and most important part of the history of exploration seismics up to now. But the development of the source of seismic energy must not be forgotten. After initial tests with weight dropping in 1910, Mintrop very soon decided to use dynamite as a seismic source. For a long time shots were detonated at the surface. The strong surface waves originating from this method could not impare refraction seismics. But the high consumption

wellen bzw. der „Roller“ zur Folge hatte. Neben der Zentralregistrierung muß das Bohren von Schußlöchern als der zweitwichtigste Schritt bei der erfolgreichen Einführung der Reflexionsseismik in der Praxis betrachtet werden. Zu einem späteren Datum führten das Spülen, das Schlagbohren und das Bohren mit Luftzirkulation zum multiplen Schießen, besonders zum „Pattern-Schießen“, in Gegenden, wo es auf andere Weise schwierig war, brauchbare Reflexionen zu erhalten.

Während 10 bis 15 Jahren hat sich die seismische Industrie um die Entwicklung sprengstoffloser seismischer Energiequellen bemüht. Mit der vielleicht interessantesten sprengstofflosen Energiequelle arbeitet das „Vibroseis“-*system, welches in gewisser Analogie zur „Zirpmethode“ des Radar steht. John Crawford, der Erfinder dieser berühmten Methode, befindet sich ebenfalls unter uns.

In der Seeseismik wurde der Bau von sprengstofflosen Energiequellen besonders intensiviert. Die Hauptanstrengung galt der Entwicklung von „bubble-freien“ Energiequellen bzw. von Energiequellen, in denen die Nachteile der Bubbles eliminiert wurden. Und hier wurden Methoden geschaffen, die keinerlei Analogie zu anderen Wissenschaftszweigen aufweisen.

* Trade Mark and Service Mark of Continental Oil Company

Fortschritte in der Interpretation

Bis jetzt haben wir nur die seismischen Energiequellen betrachtet und die Registrierung von Bewegungen, die durch diese Quellen hervorgerufen werden und gewisse Techniken, um die gewünschten Nutzsignale zu verstärken und die Störsignale zu unterdrücken. Der menschliche Geist mußte nun die aufgezeichneten Daten in substantielle, physikalisch oder chemisch wohldefinierte Aussagen umsetzen. In dieser Hinsicht hat die menschliche Genialität in den letzten 50 Jahren viele hochentwickelte Methoden hervorgebracht, besonders was die genaue Lagebestimmung des Ursprungs der beobachteten Signale betrifft.

In der Refraktionsseismik wurde die weitverbreitete Wellenfrontmethode bereits in sehr früher Zeit, d. h. noch vor 1930, angewandt. Aber auch in der Reflexionsseismik wurde in dieser Hinsicht sehr viel getan, wobei der Begriff „Migration“ entstand.

Die Geschwindigkeit als eine Funktion der Raumkoordinaten wurde bereits – angenähert oder präzise – berücksichtigt vor mehr als 20 bis 30 Jahren durch die Konstruktion von gekrümmten Strahlen und Wellenfronten.

Um die Konstruktion der Reflexionshorizonte zu vereinfachen, wurde mittels zwei Arten von Korrekturen eine gewisse Vor-Bearbeitung der Daten eingeführt. Durch statische Korrekturen wurde der Einfluß der Verwitterungsschicht und der Topographie berücksichtigt, und durch dynamische Korrekturen wurden der Schußpunkt und Beobachtungspunkt in eine Position in der Mitte zwischen ihnen gebracht, so daß abgehender und reflektierter Strahl zusammenfielen. Diese zwei Korrekturen konnten bereits in den Seismogrammen vor mehr als 15 Jahren in den früher erwähnten Analog-Rechenzentren ausgeführt werden. Zu dieser Zeit wurden darüber hinaus, z. B. bei PRAKLA-SEISMOS, Digitalrechenprogramme entwickelt, um auf die korrekte Position der Reflexionshorizonte aus den Reflexionszeiten schließen zu können.

of explosives and disagreeable effects, as broken window panes etc. which often led to strong protest from the population, enforced shooting at a certain depth. This was the creation of shot hole drilling. Here applied seismics with its requirements has given a strong stimulus to the industry of shallow hole drilling and this stimulus then again had positive influence on exploration seismics.

Very soon, i. e. as early as 1927, it was recognized that shooting below the near-surface low velocity layer, i. e. shooting below the weathered layer or below the ground water level, resulted in a most effective weakening of surface waves or ground roll. Besides central recording, shot hole drilling must be considered as being the second most important step in successfully introducing reflection seismics into practical use. At a later date jetting, percussion drilling or drilling with air circulation led to multiple shooting, specially to pattern shooting, in areas in which it was difficult to get reliable reflections otherwise.

For 10 or 15 years the seismic industry has aimed at developing further seismic sources other than dynamite. Perhaps the most interesting of the non-dynamite sources is included in the „Vibroseis“-*system, which has a certain analogy to the Chirp-method of Radar. John Crawford, the inventor of this famous method is also sitting among us.

In marine seismics the design of non-dynamite sources has been especially intensified. Here the main effort has been in developing sources which are free of bubbles, or in which the disadvantages of bubbles have been cancelled. And here methods have been created which do not find any analogies in other sciences.

* Trade Mark and Service Mark of Continental Oil Company

Progresses in Interpretation

Up to now we have only considered seismic sources and the recording of the movements by the seismic source, including certain techniques to enhance the desired signals relative to the undesired noise. It was left to human brains to convert the recorded data into substantial, physical or chemical well-positioned statements. In this connection human ingenuity has produced many sophisticated methods in the past 50 years, especially as far as the correct positioning of the origin of the observed signals is concerned.

For refraction seismics the most general wave-front method was already applied in very early time, i. e. before 1930. But in reflection seismics, too, much has been done in this respect, whereby the concept of „migration“ was created.

Velocity as a function of the space coordinates was already considered approximately or precisely more than 20 to 30 years ago by the construction of curved rays and wave-fronts.

A certain preparation of the data to simplify the construction of the reflecting interfaces was introduced by two kinds of corrections. By static corrections the influence of the weathering and the topography was allowed for and by normal-move-out-corrections, the shot point and the observation point were adjusted to a position half way between these two points so that the descending ray and the reflected ray coincided. These two corrections could already be carried out in the record sections more than 15 years ago by analog data centers as mentioned earlier. Moreover

„Fallgruben“ bei der Interpretation von Reflexionsseismogrammen waren ebenfalls bereits vor mehr als 20 Jahren bemerkt worden, wie z. B. Multiple, Diffraktionen und reflektierte Refraktionen.

Bei der Behandlung der Diffraktionen wird vornehmlich das Huygens'sche Prinzip angewandt. Es ist sehr interessant, daß dieses Prinzip bei den neuesten Erfolgen in der Datenverarbeitung — bei der Herstellung von migrierten Seismogrammprofilen — eine wesentliche Rolle spielt. Mit diesem Prozeß, der Rechner mit besonders großen Kernspeichern und Rechengeschwindigkeiten erfordert, werden die seismischen Reflexionssignale in die Position im Untergrund gebracht, von wo sie herkommen. Ein gewisser Anreiz für die Einführung der migrierten Seismogrammprofile wurde durch die Holographie gegeben, obwohl dieser Analogievergleich nicht ganz richtig ist.

Es gibt noch eine andere Kennzeichnung der Migration von Seismogrammprofilen; wir können nämlich sagen, daß bei dieser Neuerung die Prozesse des „Anreißen“ der Reflexionen und die Migration in der Reihenfolge umgekehrt sind. Dieses „Anreißen von Reflexionen“ kann ebenfalls automatisch ausgeführt werden, muß aber noch verbessert werden.

Ein weiterer Fortschritt im Vergleich zu migrierten Seismogrammprofilen ist die Migrations-Stapel-Operation. Bei diesem Prozeß wird die Migration vor oder gemeinsam mit dem Stapeln ausgeführt.

Wir können sagen, daß die Explorationsseismik seit ihrer Geburt eine gewisse Perfektion erreicht hat, soweit dies den Nachweis und die Lokalisierung von Inhomogenitäten betrifft, die seismische Signale abstrahlen können. Mit Aussagen über den physikalisch-chemischen Charakter dieser Inhomogenitäten stehen wir jedoch ganz am Anfang. Die Beziehungen zwischen den Reflexionsschwingungen und der Fazies der Schichten oder der Gas-, Öl- oder Wasser-Füllung ihrer Poren sind noch immer ziemlich unbekannt. Hier muß noch eine Menge Entwicklungsarbeit getan werden.

Ausblick

Meine Damen und Herren, ich glaube, daß Ihnen dieser Bericht gezeigt hat, wie die Explorationsseismik unter dem Druck der ständig wachsenden Anforderungen der Erdölindustrie und anderer Klienten bemüht war, sich in den Bereichen anderer Wissenschaften umzusehen, um befruchtende Ideen für ihre eigene Entwicklung aufzugreifen. Wir müssen aber auch feststellen, daß Ideen in unserer Industrie geboren worden sind, die kein Analogon in anderen Techniken haben, z. B. die Mehrfachüberdeckung. Andererseits sind gewisse durch die Explorationsseismik entwickelte Ideen auch von anderen Wissenschaften oder Techniken übernommen worden, wie z. B. das „Pattern-Registrieren“, das in der „normalen“ Seismik erst vor kurzem unter dem Namen „Array“ eingeführt worden ist.

Ich glaube aber auch, daß die Explorationsseismik der Computer-Industrie wertvolle Impulse gegeben hat. Alles in allem meine ich, daß wir auf die vergangenen 50 Jahre mit Stolz zurückblicken können. Die bisherigen Errungenschaften verpflichten uns, unsere Forschungen fortzusetzen und den Stand unserer Wissenschaft immer wieder zu überprüfen, um den vielen Notwendigkeiten und Problemen, die noch vorhanden sind, nachzugehen.

already at that time, e. g. with PRAKLA-SEISMOS, digital programs had been developed in order to infer the right position of the reflecting layers from times of the reflections picked in the records.

Pitfalls in the interpretation of reflection records had also been recognized more than 20 years ago, as e. g. multiple reflections, diffractions and reflected refractions.

When considering diffractions mainly Huygens' principle is applied. Now, it is very interesting to learn that this principle is again essentially being applied in the most modern successes of data processing, i. e. in the production of migrated record sections. With this process which needs digital computers with specially large memories and computing velocities, the seismic reflection signals are transferred to that position in the subsurface, where they originate as reflections. A certain stimulus for the introduction of migrated record sections has been given by holography, though the analogy is not perfect.

There is another way of describing the introduction of migrated record sections, namely we may say, that by this innovation the processes of picking reflections and of migration are reversed in order. That "picking of reflections", too, can be carried out automatically is a further step which has already been made but which has still to be improved.

A further advance as compared to migrated record sections is the migration stack operation. With this process migration is executed before or together with stacking.

We may say that exploration seismics, since the day of its birth, has reached a certain perfection as far as detection and localizing of inhomogeneities producing seismic signals are concerned. But as to the physical-chemical character of the inhomogeneities we are still at the very beginning. Relations between the reflection oscillations and the facies of the layers concerned or the gas-, oil- or water filling of their pores is still rather unknown. Here a bulk of work has still to be carried out.

Outlook

Ladies and gentlemen, I think the preceding review has shown how exploration seismics under the pressure of the ever increasing requirements of the oil industry and other clients has always endeavoured to look around in the domains of other sciences in order to find suggestions and ideas which might be suitable for incorporation into its own technique. But we must also point to the fact that individual ideas have been born within the industry which have no analogy in other techniques, e. g. multiple coverage. On the other hand certain ideas developed by exploration seismics have also been accepted by other sciences or techniques, e. g. pattern recording, which has been introduced in normal seismics quite recently under the name "array". Additionally I believe that exploration seismics has given a valuable stimulus to the digital computer industry. On the whole, I think, we may look back proudly upon the 50 years which have passed. But I also think, the achievements reached so far are an obligation for us to continue our researches and our designs and to check again and again the philosophy of our professional standing in order to comply with the many needs and problems which are still present.

ALYS

Eine automatische Geschwindigkeitsanalyse

Um dem Wunsch einiger unserer Kunden gerecht zu werden, wurde im PRAKLA-SEISMOS-Datenzentrum nun auch ein Programm entwickelt, mit dem Geschwindigkeitsanalysen in Form von Isolinien dargestellt werden können.

Das neue Programm heißt ALYS und ist vorläufig noch in drei Bearbeitungsschritte aufgeteilt:

- 1) Kohärenzuntersuchung der korrigierten Spuren eines Untergrundpunktes mit dem Modul ALYS (im GEOPLAN-Programmsystem),
- 2) Gridding (auf ein Gitter-Bringen) der von 1) gelieferten Wertepaare mit dem Steuerwort ALYS (im DSY-Programmsystem),
- 3) Plotten der Ergebnisse in Form von Isolinien (Linien gleicher Kohärenz) in einem Koordinatensystem V_{RMS}/T auf dem Calcomp-Plotter.

Ausgangsmaterial für eine automatische Geschwindigkeitsanalyse ALYS sind die unkorrigierten Spuren eines mehrfachüberdeckten Untergrundpunktes. In mehreren Korrekturläufen werden die Spuren jeweils mit abgewandelten Geschwindigkeiten dynamisch korrigiert. In ALYS wird innerhalb eines Fensters anwählbarer Breite das Maß der Ähnlichkeit (Kohärenz) der korrigierten Spuren gemessen. Das Fenster wird über

ALYS – an automatic velocity analysis

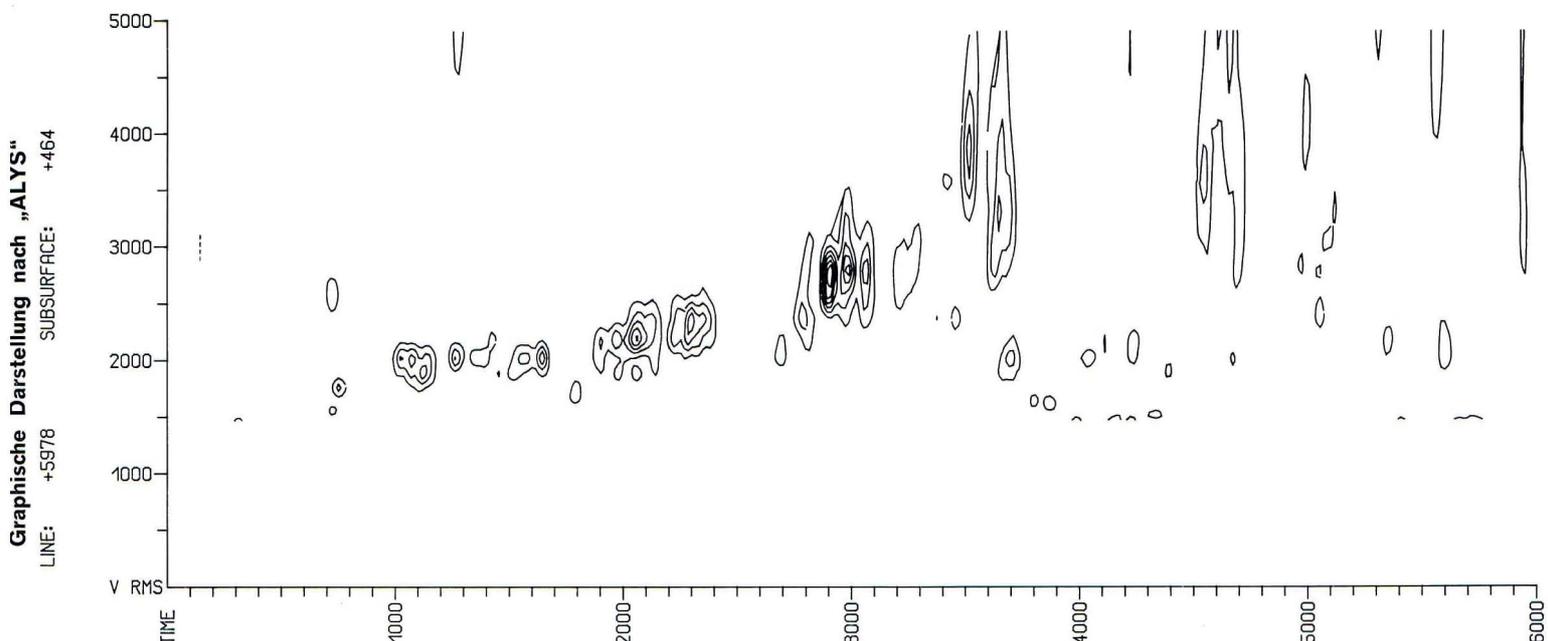
Following the wish expressed by several of our clients a program has been developed in the PRAKLA-SEISMOS Data Centre, with which velocity analyses can be depicted in the form of isograms.

The new program is called ALYS, and for the time being it is still divided into three steps:

1. Coherence testing with the ALYS module (in the GEOPLAN program system) of the corrected traces of a common depth point,
2. Gridding of the value pairs resulting from step 1. with the control word ALYS in the DSY program system,
3. Plotting of the results as isograms (lines of equal coherence) in a coordinate system V_{RMS}/T with the Calcomp Plotter.

The basic data for an ALYS automatic velocity analysis are the uncorrected traces from a common depth point.

In several correction runs the traces are given dynamic corrections, each time with altered velocities. In ALYS the degree of comparability (coherence) of the corrected traces can be measured in a window of chosen width. The window is shifted across the whole trace sample by sample. The results of the value pairs' av-



die ganze Spur sampleweise verschoben. Die Ausgabe der Wertepaare Durchschnittsamplitude/Geschwindigkeit auf die „Zielspur“ erfolgt alle 16 msec. Dieser Abstand entspricht auch dem Gitterabstand bei der späteren graphischen Darstellung.

Die Werte gleicher Kohärenz können in wählbarer Überhöhung in Abhängigkeit von Laufzeit und RMS-Geschwindigkeit durch den Calcomp-Plotter dargestellt werden.

Der automatische Prozess ALYS ist eine Ergänzung des Programmsystems, der dem Auswerter für eine schnelle und übersichtliche Beurteilung der Geschwindigkeitsverhältnisse im Meßgebiet nützlich sein kann. Keinesfalls sollen bewährte Programme zur Bestimmung der dynamischen Korrekturen und der Geschwindigkeiten wie GEAN oder GENT dadurch ersetzt werden.

Das Beispiel stellt das „ALYS“ eines 24fach überdeckten Untergrundpunktes dar.

erage amplitude/velocity on the “end trace“ is taken every 16 msec. This interval corresponds to the grid interval of the subsequent graphic presentation. Values of equal coherence can be depicted with the Calcomp Plotter, dependant on the travel times and RMS-velocities with a chosen elevation scale.

The automatic ALYS process is a completion of the program system which the interpreter will surely find useful for a fast, general estimation of velocity conditions in the survey area. In no circumstances should ALYS replace approved programs for determining dynamic corrections and velocities, such as GEAN or GENT.

The example shows the ALYS of a 24-fold coverage of a common depth point.

Digitale VIBROSEIS^{*})-Meßausrüstungen an ÖMV verkauft!



Meßwagen, v. l. n. r. Meßtruppleiter Göll und Kuttner von der ÖMV, Dr. L. Erlinghagen und Servicetechniker R. Christ

Mitte August 1971 nahm der dritte von uns ausgerüstete digitale VIBROSEIS-Trupp seine Meßtätigkeit auf. Diesmal allerdings nicht in eigener Regie, sondern unter der blau-gelben Flagge der Österreichischen Mineralölverwaltung, Wien, die eine komplette VIBROSEIS-Ausrüstung mit Geophonen, Meßkabeln und sonstigem Zubehör bei uns erwarb.

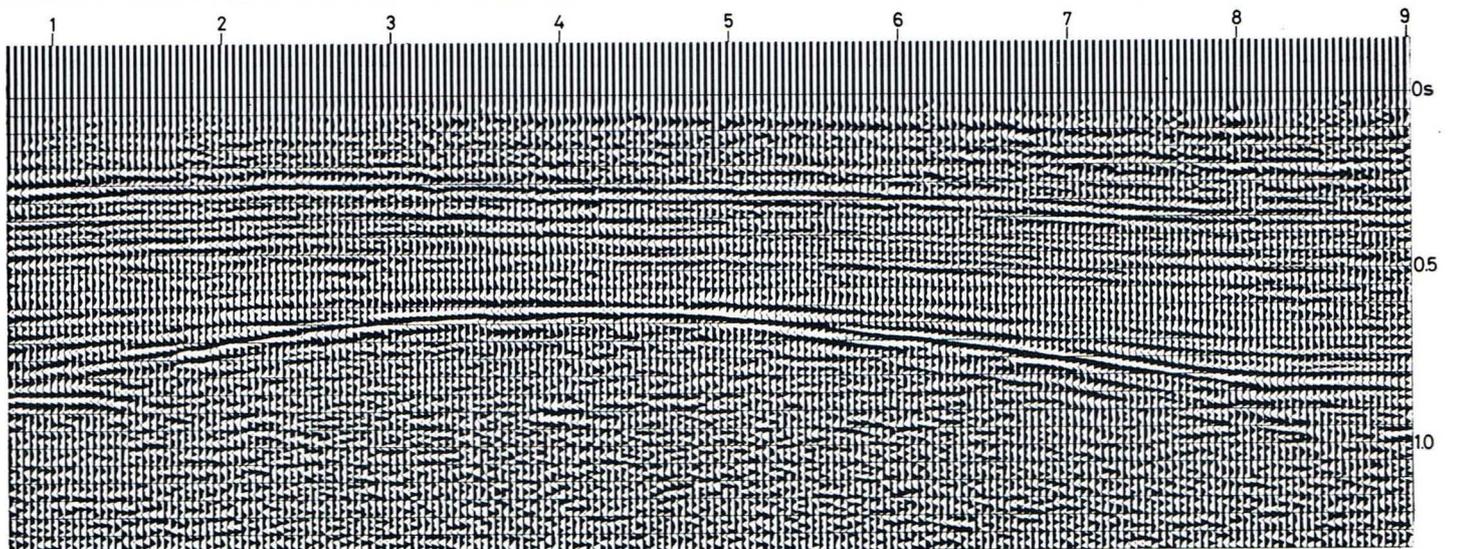
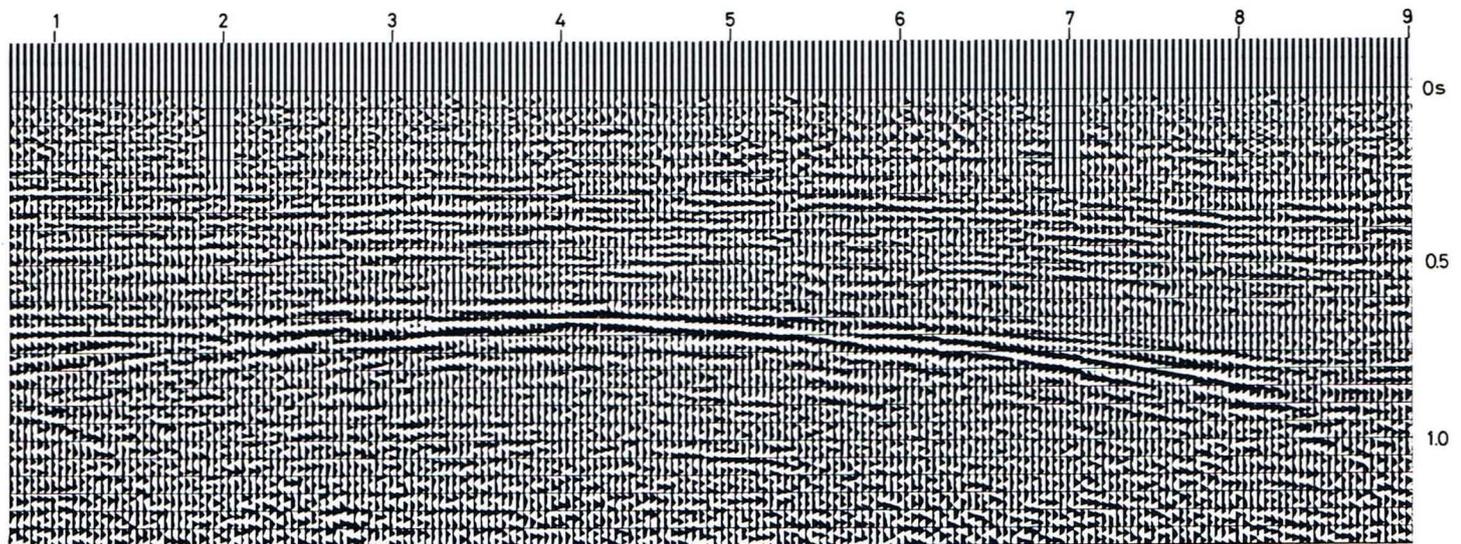
Digital VIBROSEIS survey equipment sold to ÖMV



Drei der vier an die ÖMV ausgelieferten Vibratoren

In the middle of August 1971 the third digital VIBROSEIS crew equipped by us started work. This time, however, not operated by our company, but under the blue and yellow flag of the Österreichische Mineralölverwaltung, Wien, which acquired from us a complete set of VIBROSEIS equipment with geophones, survey cables and other accessories.

Sprengseismik, 6fache Untergrundüberdeckung, für Sprengseismik wegen der großen Schottermächtigkeit sehr ungünstige Oberflächenbedingungen



Vibroseis, 12fache Untergrundüberdeckung, Steuersignal 20/80 Herz

Vier unserer VIBROSEIS-Experten waren dabei, als im Pannonischen Becken am landschaftlich reizvollen Neusiedler See die ersten Sweeps in den Untergrund geschickt wurden.

Der Start verlief glatt, die Meßergebnisse waren durchaus befriedigend wie der nebenstehende Vergleich mit den Ergebnissen der Sprengseismik zeigt.

Wir wünschen der ÖMV mit ihrem VIBROSEIS-Trupp viel Erfolg!

*) Trade Mark and Service Mark of Continental Oil Company

Four of our VIBROSEIS experts were present when the first sweeps were sent into the ground in the Pannonische Becken, in the beautiful Neusiedler See landscape.

The start went off without a hitch, and the survey results were satisfactory as the comparison with results from explosion seismics shows.

We wish ÖMV lots of success with their VIBROSEIS crew!

Eisberg, fotografiert
durch ein Bullauge
der PROSPEKTA



PROSPEKTA

Messungen westlich Grönland und Island

Im PRAKLA-SEISMOS-Report 3/71 haben wir einige Bilder von der Grönland-Messung für diesen Report angekündigt. Wir konnten sie rechtzeitig bekommen. Das eindrucksvollste und zugleich interessanteste Bild stammt jedoch von einer kurzen Messung in den Isländischen Gewässern, die nur drei Tage gedauert hat. Dieses Bild auf der Titelseite unseres Report, von

PROSPEKTA

Surveys West of Greenland and Iceland

In the PRAKLA-SEISMOS Report 3/71 we promised for this report some photographs of the Greenland surveys. We received them in time. The most impressive and interesting one was taken during a three day continuation survey in Icelandic waters. The photograph on the cover of our report was taken by our operator G. Rösen and is a very favourable



unserem Meßtechniker G. Rösen aufgenommen, ist ein besonders gelungener Schnappschuß, hält er doch gleich zwei deutsche Forschungsschiffe nebeneinander fest. Schräg hinter der PROSPEKTA liegt das Forschungsschiff KOMET (sein Kapitän, W. Feldmann, hat die allerersten Anfänge der Seeseismik bei PRAKLA miterlebt).

Ort des Geschehens ist der Hafen von Reykjavik. Die KOMET befand sich zur Kartierung der Schelftiefe westlich Island gerade auf Auslandsfahrt und mußte, ebenso wie die PROSPEKTA, den Hafen aufsuchen. Ein starker Sturm hatte beide Schiffe von der offenen See vertrieben und diesem „glücklichen“ Umstand verdanken wir unser Titelbild.

Während unsere PROSPEKTA im Hafen lag, wurde sie vom Staatssekretär des Isländischen Industrieministeriums, den Professoren des Geologischen Institutes der Universität Reykjavik sowie vom obersten militärischen



①

snapshot. It shows two German research vessels side by side. Diagonally behind PROSPEKTA is the research vessel KOMET. Her captain, W. Feldmann, co-operated with us during the start of PRAKLA's marine seismic exploration.

The photograph was taken in the harbour of Reykjavik. The KOMET was sailing under foreign assignment, to determine by map plotting the shelf depth around Iceland. Due to rough weather the KOMET was forced to take refuge from the open sea just as our PROSPEKTA was, thus making the shooting of this cover picture possible. During the PROSPEKTA's days in port, the Secretary of State for the Industrial Ministry, professors of the Geological Institute of the University Reykjavik, the chief military commander of Iceland and the commander of coastal and fishery protection, all thoroughly inspected her and were highly impressed. After a short survey in the North Sea, the PROSPEKTA berthed in her home port, Bremen, for the first time.

PROSPEKTA in her Home Port for the first time

The part owners, PRAKLA-SEISMOS GMBH and DG NEPTUN gave a reception which the daily press reported in detail.

③



②



③

Befehlshaber Islands, dem Kommandanten des Küsten- und Fischereischutzes, eingehend besichtigt. Alle waren sichtlich beeindruckt.

Nach einer kurzen Messung in der Nordsee machte dann die PROSPEKTA erstmalig in ihrem Heimathafen Bremen fest.

Die PROSPEKTA in ihrem Heimathafen

Die Partenreeder PRAKLA-SEISMOS-GMBH und DG Neptun hatten zum Empfang geladen und die Tagespresse schrieb ausführlich darüber. Wir bringen einen kurzen Auszug aus den „Bremer Nachrichten“ und dem „Weser-Kurier“ vom 23. 9. 1971.

„Das erste in der Bundesrepublik konzipierte Schiff für geophysikalische Exploration in Elmshorn gebaut, auf einer Fahrt von Hamburg nach Cuxhaven an die Reeder übergeben und in Bremen beheimatet, machte jetzt erstmals am Weserbahnhof der Hansestadt fest. Während eines zweistündigen Besuchs informierte sich Bürgermeister Hans Koschnick an Bord über die faszinierende Technik des Schiffes.

Konsul Jürgen Willhöft, Vorstandsmitglied der DG Neptun, begrüßte Koschnick auf dem Brückendeck. Es erfüllte ihn mit Stolz, daß dieses Schiff in Bremen beheimatet sei und die Bremer Neptun-Reederei das modernste und in seiner Art einmalige Forschungsschiff mitentwickelt habe, sagte Willhöft. Er wies dabei auf die Erfahrungen hin, die von der DG Neptun schon vorher mit zwei umgebauten Frachtschiffen beim Einsatz für seismische Seemessungen gesammelt werden konnten.

. . . Koschnick — dem ein Modell des Schiffes überreicht wurde, revanchierte sich mit einem Bremer Schlüssel mit eingebautem Korkenzieher. Er sagte in seiner Erwiderung u. a., daß er sich beim Bund für bessere steuerliche Bedingungen für private Forschungsschiffe einsetzen wolle.

Für die PRAKLA-SEISMOS wies Dr. H.-J. Trappe auf die Erfolge des neuen Schiffes hin. In Nordsee und Nordatlantik, bei einer Fahrtstrecke und Meßstrecke von bisher 46313 Seemeilen, habe sich die PROSPEKTA im Auftrage internationaler Ölgesellschaften bestens bewährt.“



④

A short summary from the “Bremer Nachrichten“ and the “Weser Kurier“ dated September 23, 1971, was as follows: “The first geophysical vessel for marine exploration in the Federal Republic of Germany, constructed in Elmshorn, was delivered during a voyage from Hamburg to Cuxhaven and berthed for the first time at the Weserbahnhof of the Hanseatic town. During a two-hour visit, the Mayor of the Hanseatic town, Hans Koschnick, informed himself about the fascinating technique of the vessel.

Consul Jürgen Willhöft, member of the executive board of DG NEPTUN, welcomed Koschnick on the bridge deck. Willhöft felt very proud that Bremen was the home port of this vessel and that the shipping company NEPTUN co-operated in developing this ultra-modern and unique research vessel. He pointed out the experiences gained for seismic operations from the two reconstructed cargo ships during PRAKLA’s time charter.

. . . Koschnick — to whom a model of the ship was presented—gave in return a key of Bremen with a built-in corkscrew. Furthermore he pointed out that he would try to secure better fiscal conditions for private research vessels.

On behalf of PRAKLA-SEISMOS Dr. Trappe mentioned the success of the vessel. The PROSPEKTA had proved herself while sailing in the North Sea and North Atlantic for international petroleum companies by travelling a distance of 46313 nautical miles.“

① Der „Schilderbaum“ auf dem Flughafen Søndre Strømfjord

② Flughafen Søndre Strømfjord

③ PROSPEKTA an der Bunkerstation Fähringerhafen

④ Schnapsschuß während eines Landaufenthaltes

⑤ Überreichung eines Modells der PROSPEKTA an Bürgermeister Koschnick



⑤

15

Ingenieurgeophysik im Hochgebirge PRAKLA-SEISMOS-Mitarbeit beim Projekt des St. Gotthard- Basistunnels

Jahrzehntlang galt der St. Gotthard-Tunnel der Schweizerischen Bundesbahnen zwischen Göschenen und Airolo mit seinem Scheitelpunkt in 1154,5 m Höhe als kühnstes Ingenieurbauwerk in den Alpen. Anfang der 1980er Jahre, also etwa 100 Jahre nach seiner Eröffnung, dürfte der Tunnel zumindest für den Fernverkehr nicht mehr benötigt werden; denn dann sollen die schweren Reise- und Güterzüge mit einer Geschwindigkeit von 200 km/h durch den noch leistungsfähigeren St. Gotthard-Basistunnel brausen. Dieses neue Bauwerk wird das St. Gotthard-Massiv zwischen Amsteg (südlich des Vierwaldstätter Sees) und Giornico im Tessin in nur 500 m Seehöhe unterfahren und mit 45 km Länge dreimal länger als der ältere Tunnel werden.

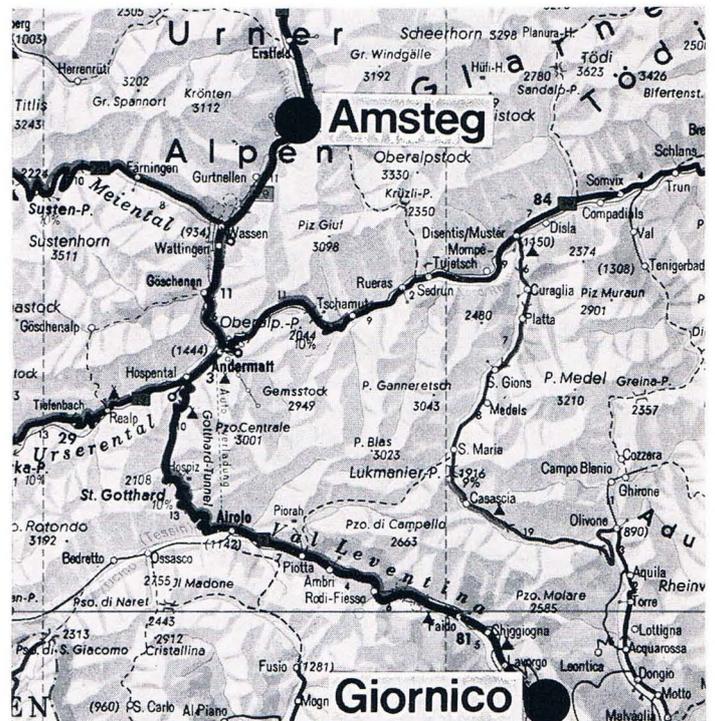
Geologische Vorstudien

Es liegt auf der Hand, daß derartige Bauvorhaben genaueste geologische Vorarbeiten erfordern, was bei dem komplizierten Aufbau gefalteter Gebirge stets schwierige Unterfangen sind. Es wäre geradezu wider natürlich, gäbe es dabei über gewisse geologische Probleme nicht mehrere, voneinander abweichende Auffassungen, wobei jede einzelne Deutung auf die Bauplanung Einfluß haben kann (bei unserem Projekt z. B. auf die Festlegung von Teilstücken der Tunnelachse). Hier Entscheidungshilfen zu geben, ist auch eine der vielen Aufgaben der angewandten Geophysik. Um es kurz zu umreißen: Eine in das St. Gotthard-Massiv eingefaltete triassische Rauwacke ist verwitterungsanfälliger als die angrenzenden Gneise und Schiefer und darum morphologisch als 800 bis 1000 m breite Mulde ausgebildet. Über diese Mulde wird ein Teil des Gebirgsstocks entwässert, was bei der teilweise verkarsteten und Kavernen enthaltenden Rauwacke zur Wasserführung in die Tiefe (also zum Tunnel) beitragen könnte. Aber noch gefährlicher ist eine andere Eigenschaft dieser Triasgesteine: sie neigen bei plötzlicher Druckentlastung zum „Fließen“. Beim Vortrieb des Tunnels könnten die scheinbar festen Gesteine, sollten sie angefahren und dabei vom Druck des 1600 m überlagernden Gebirges entlastet werden, technisch kaum zu lösende Schwierigkeiten mit sich bringen.

Über die Lagerung dieses Triaskörpers gibt es aber noch keine Klarheit. Daher lautete die Frage an die Geophysik: Zieht die steilstehende Trias in ihrer vollen über Tage aufgeschlossenen Breite in die Tiefe? Wenn nein, wo und wie läßt sie sich zur Tiefe hin abgrenzen?

Anpassung der Geophysik an drei Modellvorstellungen

Zusammen mit dem Auftraggeber wurden drei Modellvorstellungen entwickelt, in die alle Kenntnisse über



Engineering Geophysics in the Alps PRAKLA-SEISMOS collaborates in the "St. Gotthard Base Tunnel Project"

For decades the Swiss Railway's St. Gotthard tunnel between Göschenen and Airolo with its vertex at a height of 1154.5 m has been considered the boldest engineering work in the Alps. Early in the 1980's, i. e. about 100 years after its opening, long distance traffic, at least, may no longer need to use this tunnel. Heavy passenger and freight trains will then speed at 200 km/h through the more efficient St. Gotthard base tunnel. This new construction will be driven below the St. Gotthard massif between Amsteg (south of the Vierwaldstätter See) and Giornico in Tessin, only 500 m. a. s. l., and with a length of 45 km will be three times as long as the older tunnel.

Geological preparations

It is obvious that this kind of construction work requires the most accurate geological preparation, and this is always difficult in complex folded mountains. It would be rather unnatural if there were not several mutually conflicting interpretations, in which each individual explanation can influence the construction plan, in our project for example, the positioning of parts of the tunnel axis. One of the tasks of applied geophysics here is to make such decisions easier.

To cut a long story short: the interfolded Triassic Rauwacke in the St. Gotthard massif is more sus-

die Geologie des Gebietes eingebaut waren. Zwei Modelle nahmen gewissermaßen die extremsten Lösungen an, das dritte Modell lag etwa in der Mitte dieser beiden. Die Messungen wurden dann so angelegt, daß sie alle drei Modellfälle gleichermaßen erfassen sollten.

Günstig war dabei die Vorarbeit der PRAKLA-SEISMOS-Sondermeßgruppe, die vor ein paar Jahren die in 2100 m Höhe angesetzte und etwa 1600 m tiefe Bohrung Gana Bubeira vermessen und erste Versuche zur seismischen Aufklärung der Lagerung der Trias durchgeführt hatte; im Heft 29 der PRAKLA-SEISMOS-Rundschau wurde unter dem Titel „Unsere höchste Bohrlochmessung“ vom damaligen Einsatz berichtet. Die neuen Messungen waren eine sinnvolle Fortführung und Ergänzung der älteren.

Durchgeführte Messungen

1. Seismische Durchschallungsmessungen auf ein in die erwähnte Bohrung in wechselnde Tiefen eingehängtes Bohrloch-Versenkgeophon von mehreren bis zu 5,1 km entfernten Schußpunkten aus.

Am Heliport unterhalb des Luckmanier Passes: Einfliegen von Nachschub ins Meßgebiet, das hinter dem bewaldeten Berggrücken im Mittelgrund und zu Füßen des Pizzo del Sole (2773 m) im Hintergrund liegt

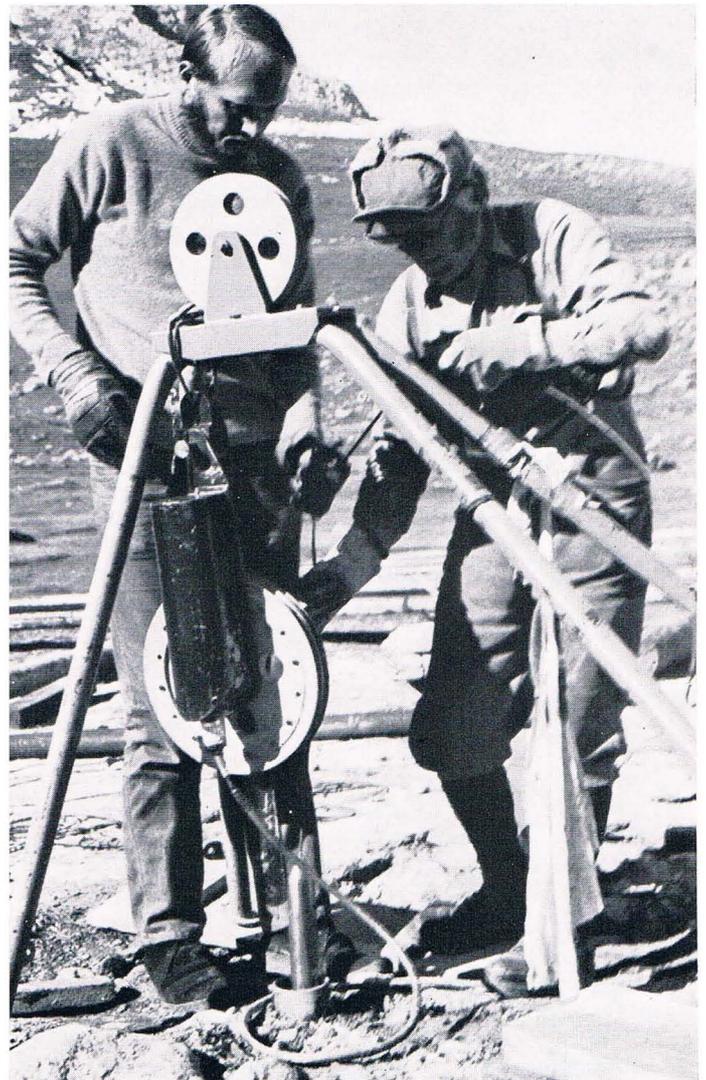


ceptible to weathering than the adjacent gneiss and slate, and therefore forms a morphological basin 800–1000 m broad. Part of the massif drains into this basin, and in the parts of the Rauhwacke with caves and karst structures this could lead to deep-level discharge into the tunnel. However, a further property of this Triassic rock formation is still more dangerous. It tends to “flow“ under sudden release of pressure. The apparently firm rock could create almost technically insuperable problems during construction of the tunnel if it were opened up and released from the pressure of 1600 m overburden. However, the stratification of this Trias has not yet been clarified. The question geophysics had to solve was therefore: has the steeply dipping Trias got at depth the full width that it has at the surface? If not, where and how is it bounded at depth?

Adaption of the geophysics to three model conceptions

Three models containing all that was known of the geology of the area were developed in collaboration with the client. Two of these models indicated to a certain degree the extreme solutions, the third lay

An der Tiefbohrung Gana Bubaira: H. J. Gatz und W. Hogrefe beim Einfahren des Schußtorpedos; die Kabelrolle enthält ein geeichtes Zählwerk zur Feststellung der Einhängtiefe.



2. Seismische Durchschallungen aus der Tiefbohrung mit Torpedolagen in wechselnder Tiefe auf ein 24 Geophongruppen umfassendes, etwa 4,5 km langes, rechtwinklig zum generellen Schichtstreichen angelegtes Profil und auf 2 je 12 Geophongruppen umfassende, etwa 600 und 1100 m lange Querprofile.
3. Refraktionseismik längs der Triasmulde über eine Länge von 6,5 km.
4. Seismische Geschwindigkeitsmessungen in allen petrographischen Schichten, die bei den Durchschallungsmessungen durchschallt wurden, sofern deren Geschwindigkeiten nicht schon aus der älteren Messung bekannt waren.

Gemessen wurde mit zwei Digitalapparaturen des Typs DFS II von Texas Instruments mit zusammen 48 Spuren und der tragbaren Apparatur, Typ CBA, für Bohrlochmessungen, einer PRAKLA-SEISMOS-Eigenentwicklung. Auch das verwendete Bohrloch-Versenkgeophon, Typ BGL mit 50 mm Durchmesser und Druck- und Bewegungsempfängern, ist eine Entwicklung von PRAKLA-SEISMOS. Die übrige Truppausrüstung entsprach mehr oder weniger der Standardausrüstung seismischer Trupps, war jedoch den Bedürfnissen dieses außergewöhnlichen Einsatzes angepaßt.

Geographie und Vermessung

Das Meßgebiet liegt in der Nähe des Luckmanier Passes, zwischen Disentis im vorderen Rheintal (Graubünden) und Biasca im Tessin in einer Höhe von 1700 bis 2350 m; der größte Teil der Messungen erfolgte oberhalb der Baumgrenze. Der in diesem Jahr besonders schöne Herbst begünstigte die Arbeiten.

Den schwierigen geologischen Verhältnissen mußte nicht nur die Profilführung, sondern sogar jede einzelne Schuß- und Geophongruppenposition angepaßt werden. Es war notwendig, daß ein Erkundungstrupp (bestehend aus dem Meßtruppleiter, Dipl.-Geol. Bartholdy und dem die Aufbaugruppe anführenden Helfer) anhand der geologischen Karte, persönlicher Kartierung und Entfernungsmessung schon mehrere Tage vor dem Eintreffen des Meßtrupps die einzelnen Positionen festlegte und markierte. Es ist erstaunlich, daß trotz der schwierigen Geologie und der Unübersichtlichkeit des Geländes ziemlich geradlinige Profilführungen mit recht gleichmäßigen Abständen zwischen den Geophonpositionen erzielt werden konnten. Aber: nur ein Schußpunkt, aber keine einzige Geophongruppe waren mit Fahrzeugen erreichbar.

Schwierigste Transport- und Vermessungsbedingungen

Für den Personen- und Materialtransport im Gebirge stand ein Hubschrauber mit etwa 300 kg Zulademöglichkeit zur Verfügung. Innerhalb von 2,5 Stunden wurde das gesamte Material von der Paßstraße aus in das Arbeitsgebiet geflogen und den ersten Erfordernissen entsprechend an mehrere Depotplätze verteilt. Spiegel und Plane des Transport-LKW wurden als „Meßkabine“ für die Bohrlochmessungen und als Materialzelt zum Hauptlager bei der Bohrung geflogen und dort sturmsicher verzurt.

Hut ab vor dem fliegerischen Können des Piloten P. Schmid der HELISWISS, der mit dem Helicopter auf den Millimeter genau die schwere Kabeltrommel mit dem Bohrlochkabel in das Windengestell einhängte. Exakt auch sein Auslegen von Kabeln, obwohl er im Gebirge auf kürzeste Entfernung in geradlinigem Flug

about half way between the other two. The survey was arranged so that it could cover all three model cases. The preparatory work carried out a few years ago by the PRAKLA-SEISMOS Special Survey Group was profitable. The Group had surveyed the 1600 m deep well Gana Bubeira at a height of 2100 m and had carried out initial tests to clarify seismically the stratification of the Trias. A report on the work was given in the PRAKLA-SEISMOS Rundschau No. 29 under the title „Unsere höchste Bohrlochmessung“. The new survey was a significant continuation and completion of the older one.

Surveys executed

1. Seismic acoustical transmission surveys from several shotpoints at distances up to 5.1 km on a well geophone hung at varying depths in the well mentioned above.
2. Seismic acoustical transmission surveys from the well with torpedo positions at various depths to a line consisting of 24 geophone groups with a length of 4.5 km perpendicular to the general strike of the beds, and two crossing lines ca. 600 and 1100 m long, each with 12 geophone groups.
3. Seismic refraction survey along the Trias depression over a length of 6.5 km.
4. Seismic velocity survey in all petrographic layers, in which acoustical transmission surveys had been carried out, in so far as the velocities were not already known from the earlier survey.

Surveying was done using two digital DFS II recording units from Texas Instruments with 24 traces each, and a portable unit CBA for well surveys — an instrument developed by PRAKLA-SEISMOS. The well geophone (type BGL, 50 mm in diameter, with pressure and velocity receivers) had also been developed by our company. The other equipment corresponded more or less to that of a standard seismic crew, adjusted however to the requirements of this unusual geophysical enterprise.

Geography and Surveying

The survey area lies near the Luckmanier Pass at a height of 1700—2350 m between Disentis in the valley of the Upper Rhine (Graubünden) and Biasca in Tessin. Most of the survey was carried out above the tree line. The work was made more favourable by the especially fine autumn this year.

Not only the line location, but also every single shot and geophone group position had to be specially adapted to the difficult geological conditions. It was necessary that a reconnaissance crew (consisting of party chief Dipl.-Geol. Bartholdy and the chief of the helpers who led the layout group) determined and marked the individual positions with the help of the geological map several days before the survey crew started work. It is amazing that fairly straight lines with rather constant intervals between geophone positions could be marked despite the difficult geology and the complicated terrain. However, only one shotpoint, and not a single geophone group could be reached by vehicle.

Very difficult transport and survey conditions

For the transport of personnel and equipment in the mountains a helicopter which could be loaded to 300 kg was available. Within two and a half hours all the equipment was flown from the pass road into the survey area



Standort einer Apparatur auf der Alpe Lareccio; Blick nach Westen auf den Toroi (2164 m), hinter dem das Meßgebiet liegt.



Rast an der Geophongruppenposition 27, v. l. n. r.: N. Roßmanek, H. J. Gatz, Ing. W. Leuschner und M. Bibus

sofort Höhe gewinnen mußte, ohne dabei die Kabel zu spannen; auf den halben Meter genau sein Abwurf der Kabelenden! Aber trotz der großen Hilfe durch den Helicopter war der Aufbau der Geophonauslagen in dieser ungewohnten Höhe noch anstrengend genug; wegen der Unübersichtlichkeit des Geländes und der Schwierigkeit, sich zu orientieren, mußte mancher Weg doppelt gemacht werden. Und so manche Felsspalte mußte erst ausgekratzt und so bearbeitet werden, daß darin ein Geophon senkrecht aufgestellt und verankert werden konnte. Bei der geringsten Unaufmerksamkeit war die Bündelungsfigur verzerrt oder hatte zu große Höhendifferenzen zwischen den Enden.

Unsere Meßtechniker als Fahrkünstler

Die Meßtechniker mußten sich wieder einmal als Geländefahrer bewähren, um mit den Meßfahrzeugen möglichst nahe an die Geophonauslagen heranzukommen. Niemand hielt es für möglich, daß man bis auf 1000 m an die Profile heranfahren könnte, mancher Autofahrer hätte sich wohl bei der Rückfahrt nurmehr die Hände vor die Augen gehalten. Soldaten des Schweizer Militärs, die mit ihren PUCH-Haflingern im Geländefahren auch nicht gerade zimperlich sind, mußten ihre Meinung über die Fahrkünste der Meßtechniker revidieren. Aber war der Anstieg auf Saumpfadern erst geschafft, ging es auf den Almböden doch einigermaßen. Soweit, daß es bei plötzlichem Wetterumschlag und Schneefall kein Zurück mehr gegeben hätte, soweit durften sich die Meßtechniker nicht wagen; trotz allem, ohne Schramme brachten sie ihre Fahrzeuge nach Hannover zurück.

Schießtechnik

Die erwähnten älteren Messungen hatten gezeigt, daß Schußladungen in Wasserlöchern doch zu wenig Ener-

and divided among several depots. Frame and canvas of the transport lorry were flown to the main camp near the well and made safe against storms for use as a survey cabin and equipment tent.

Hats off to HELISWISS-pilot P. Schmid's aviation skill with the helicopter. He hung the heavy cable drum with the well cable precisely into the winch frame, within a millimeter. His laying out of cables among the mountains was amazing, although he had often to gain height at once on short straight flights and doing this without stretching the cable. Despite the great assistance from the helicopter, the laying out of the geophone arrays was exacting enough at this unfamiliar height; due to the broken terrain and the difficulty in orientating oneself many walks had to be repeated. Many a rock fissure had to be cleaned out and prepared, so that a geophone could be set up perpendicularly and anchored. With the slightest carelessness the geophone pattern was deformed or the ends had too large a height difference between them.

Our operators' driving skill

The operators had again to prove their driving ability in order to bring the vehicles as close as possible to the geophone layouts. Nobody thought it possible to drive within 1000 m of the lines, and many a driver simply would have closed his eyes when going downhill. Swiss soldiers who surely are not particularly hypersensitive with their PUCH-Haflinger cars, had to revise their opinion of the operators' driving skill. But once the climb on the marginal paths was first mastered it was not so difficult on the Alms. But they had not to drive too far, of course, in case a sudden storm or snow made their return impossible. But in spite of all these difficulties the vehicles were brought back to Hannover without a scratch.

gie abstrahlen. Deshalb scheute eine Schweizer Bohr-firma keinen Personal- und Materialeinsatz, um die erforderlichen Schußbohrlöcher in der Triasmulde zu bohren. Doch hier schien die Grenze der herkömmlichen Bohrtechnik erreicht zu sein: In der dünnen Luft in 2200 m Höhe erbrachten die Kompressoren nicht mehr die erforderliche Leistung. Ihnen ging im wahrsten Sinne des Wortes die Luft aus. Infolgedessen mußte bei den meisten Schußpunkten wiederum aus Wasserlöchern oder Gebirgsbächen geschossen werden, wobei die Ladungen flächenhaft verteilt und mittels Nitropentachnur verbunden wurden. Auf diese Weise konnte eine recht gute Energieabstrahlung erzielt werden.

Der Feldherrenhügel des Truppleiters

Am „Heliport“ an der Paßstraße richtete der Meßtruppleiter seinen „Feldherrenhügel“ ein. Von hier aus hatte er über Sprechfunk jederzeit mit allen im Meßgebiet verteilten Arbeitsgruppen des Meßtrupps, aber auch mit dem fliegenden Helicopter Verbindung. Diese Zentrale wurde aus Sicherheitsgünden eingerichtet.

Alles in allem

In einem außergewöhnlichen Meßgebiet — ein außergewöhnlicher Einsatz — abseits aller Routine für ein nicht alltägliches Projekt. Aber der Ablauf der Meßarbeiten erfolgte so reibungslos und in der kürzest möglichen Zeit, daß der Auftraggeber das „abseits aller Routine“ als „understatement“ bezeichnete und des Lobes voll war. Strahlender Sonnenschein, fast südlich blauer Himmel und ungetrübte Fernsicht ringsum auf die Gipfel der Alpen, die teilweise schon im ersten Schnee glänzten, ließen die 10 Tage Hochgebirgseinsatz für jeden zum seltenen Erlebnis werden.

Herrn Prof. Dr. Dal Vesco von der ETH Zürich sei für den freundlichen und lehrreichen Unterricht in Geologie gedankt, den er der Mannschaft während seines Besuches beim Trupp im Gelände erteilte.

Schach dem Computer!

Seit einem Jahr besitzt die PRAKLA-SEISMOS auch eine Schachgruppe. Dieser Gruppe wurde am Sonntag, dem 10. 10. 1971, Gelegenheit gegeben, das Schachprogramm unserer Rechenanlage CD 6600 zu testen, welches von der Control Data Corp. entwickelt und mit der Maschine mitgeliefert wurde. Aus Raum- und Zeitnot traten jedoch nur zwei Mitglieder unserer Schachgruppe gegen den Computer an und zwar der Spielleiter, F. Herz, der hier berichtet und D. Ristow.

In den USA ist man in letzter Zeit mit großem Eifer an die Entwicklung von Schachprogrammen gegangen. Das von der Control Data entwickelte Programm ist das zur Zeit beste (man weiß es, weil verschiedene Computersysteme gegeneinander gespielt haben), und so ist, wenn man so will, die CD 6600 der Computerweltmeister. Auch in der Sowjetunion hat man Schachprogramme entwickelt, dort ist man sogar der Ansicht, daß ein Computer es sicherlich einmal mit einem Schachgroßmeister aufnehmen könnte. Der Exwelt-

Shooting techniques

The preceding surveys had shown that charges in water holes did not produce enough energy, therefore a Swiss drilling company spared neither personnel nor equipment to drill the necessary shot holes in the Trias depression. However, the limit to traditional drilling techniques seemed to have been reached here: in the thin air at a height of 2200 m the compressors no longer gave the necessary performance, in the most literal sense of the word they choked. Most shotpoints had therefore still to be shot from water holes or mountain brooklets. The charges were divided areally and connected by Nitropenta cord. In this way a good energy emission could be achieved.

The party chief's "Commander Hill"

At "Heliport" on the pass road the party chief positioned his "Commander Hill". From here he had radio contact at all times with all the survey groups of the crew throughout the survey area, and also with the helicopter in flight. This headquarters had been established for reasons of safety.

On the whole:

An unfamiliar job in an unfamiliar survey area, very far from routine, and for an unusual project. However, the course of the survey was achieved in a very short time and in such a smooth-running manner that the client, full of praise, described "far from routine" as "understatement". Bright sunshine, almost southern blue skies, clear visibility of all the Alpine peaks around, on some of which the first snow glistened, all these made the 10-day Alpine commission a rare experience for everyone.

We would like to thank Professor Dr. Dal Vesco of ETH Zürich for the kind and instructive talk on geology which he gave to the crew during his visit.

Das Schachprogramm wird in die CD 6600 eingelesen.
V. l. n. r.: D. Ristow CDC-Techniker J. Engler, F. Herz



