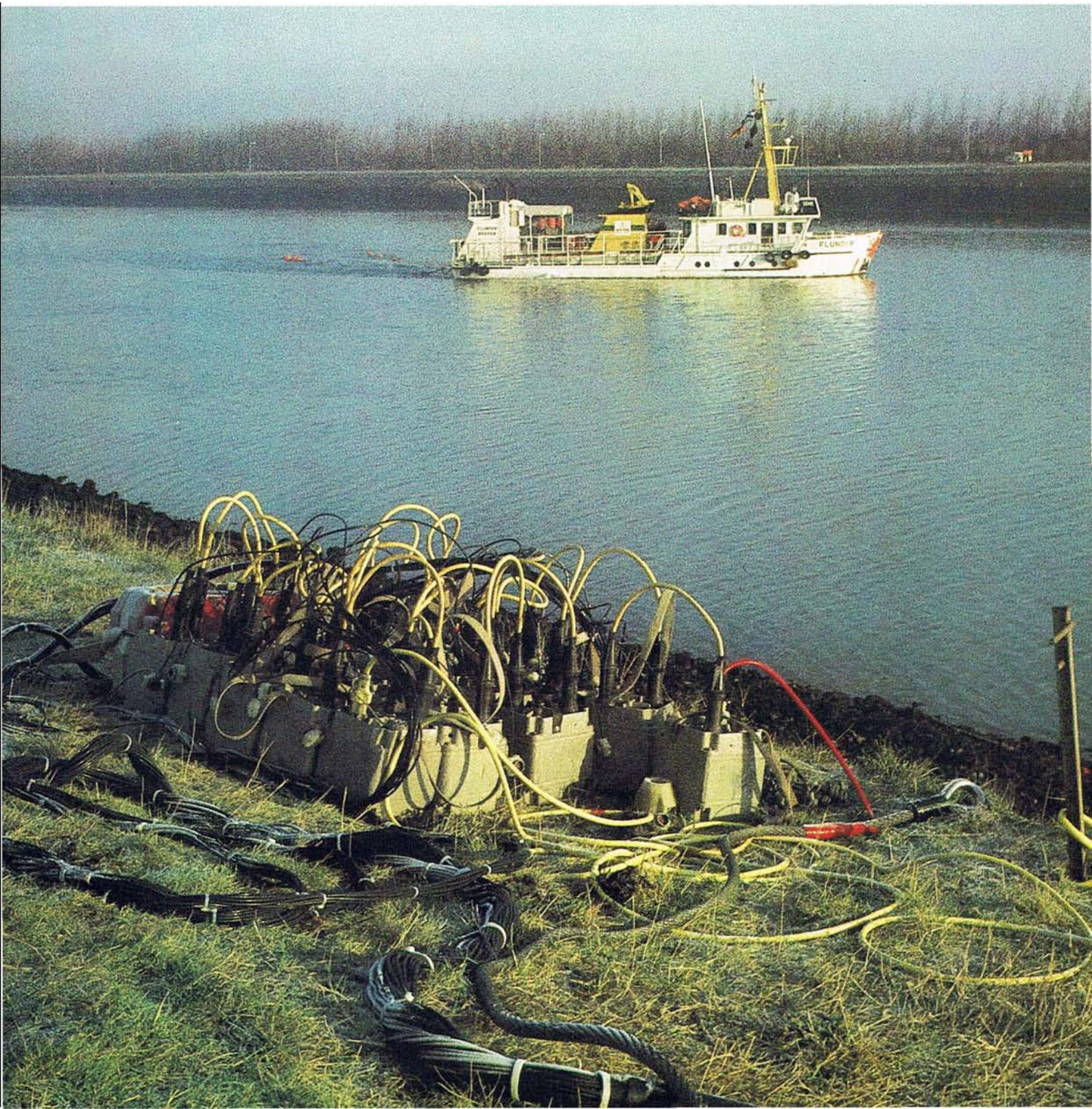


# PRAKLA-SEISMOS Report

3  
84



Die Verteilung des REPORT und anderer Druckschriften erfolgt über unsere Werbe-Abteilung, Leitung H.-J. Körner. Von den hier aufgeführten und mit einem (P) gekennzeichneten 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 der Werbe-Abteilung, Tel. (05 11) 64 20 – 40 31.

The distribution of the REPORT and other papers is made by our public relations department (H.-J. Körner head of department). In the list presented here preprints are obtainable of those titles marked with a (P), whereas offprints are available of those titles labelled with an (S). For information and orders please apply to the secretary of the public relations department, tel. (05 11) 64 20 – 40 31.

H. A. K. Edelmann

**(P) Ermittlung lithologischer Daten aus reflexionsseismischen Messungen**

44. Jahrestagung der DGG, Mainz; 1984; 6 S.

R. Marschall

**(S) An Innovative Approach to Seismic Data Acquisition**

EGPC 7th Exploration Seminar; Kairo, Ägypten; 4. – 7. März 1984; 16 S.

H. Rist

**(P) Ein neuer Ansatz für Ortsgeschwindigkeiten**

PE 114, PRAKLA-SEISMOS GMBH; März 1984; 10 S.

R. Marschall

**(S) 3D-Data Acquisition: Which Effort is needed?**

Luncheon Meeting of the Dallas SEG; April 9th; 1984; 40 S.

R. Marschall

**(S) Some Aspects of Deconvolution**

CDC's Petroleum Seminar; Genf, Schweiz; 9. – 11. Mai 1984; 73 S.

Th. Krey

**(P) Datenerfassung im Wandel der Zeit:**

**Eine historische Übersicht und ein vorsichtiger Ausblick**

4. Mintrop-Seminar; Neheim-Hüsten; 22. – 25. Mai 1984; 36 S.

H. Arnetzl

**(P) Sprengseismische Wellenquellen für die Landseismik**

4. Mintrop-Seminar; 36 S.

L. Erlinghagen

**(P) Oberflächennahe und sprengstofflose Wellenquellen für die Landseismik**

4. Mintrop-Seminar; 73 S.

K. Weißensteiner

**(P) Geräte zur Aufnahme seismischer Daten**

4. Mintrop-Seminar; 21 S.

G. Fromm

**(P) Ermittlung statischer Korrekturen**

4. Mintrop-Seminar; 61 S.

W. Reil, J. Ruffer

**(P) Geodätische Bezugssysteme und Datumstransformation**

PRAKLA-SEISMOS GMBH; 1984; 9 S.

H. A. K. Edelmann, K. Helbig

**(P) Some Aspects of Field Layout for Shear-Wave Surveys**

Shear-wave Symposium; Midland, Texas; 1984; 10 S.

H. Rehmer

**(P) Standardization of DIFFERENTIAL NAVSTAR GPS Services**

1st Intern. Sympos. 'Land Vehicle Navigation'; Münster; 1984; 17 S.

## Inhalt

Seite

Fixpunktbestimmung über Doppler-Satelliten, wichtiges Hilfsmittel der Geophysik	3
Multi-Offset-VSP Beispiel einer Strukturuntersuchung mit synthetischen Daten	11
PRAKLA-SEISMOS auf der Hannover-Messe 1984	20
Truppleitertreffen 1984	24
Unsere 'Brasilianer' trafen sich in Pattensen	24
Zehn Jahre PRAKLA-SEISMOS-Fußball	28
Verschiedenes	31
Seismik im Hafen von Rotterdam	31

Titelseite: *Reflexionsseismische Messung im Bereich des Rotterdamer Hafens. Im Vordergrund: Telemetrie-Boxen zur Digitalisierung der von den Hydrophonen aufgenommenen Signale. Im Hintergrund: Vermessungsschiff FLUNDER.*

Cover: *Reflection seismic survey in the port of Rotterdam area. In the foreground: Telemetry boxes for digitizing the signals picked up by hydrophones. In the background: SV FLUNDER.*  
*Foto: M. Kornagel*

Rückseite: *Telemetrie-Boxen werden für den Anschluß an ein Grundkabel vorbereitet.*

Back page: *Telemetry boxes being prepared for baycable connection.*  
*Foto: E. Kreitz*

Herausgeber: PRAKLA-SEISMOS GMBH,

Buchholzer Straße 100

D 3000 Hannover 51

Schriftleitung und Zusammenstellung:

G. Keppner

Übersetzungen: D. Fuller

Graphische Gestaltung: K. Reichert

Satz und Druck: Scherrerdruck GmbH, Hannover

Lithos: Frenzel & Heinrichs, Hannover

Nachdruck nur mit Quellenangabe gestattet,

um Belegexemplare wird gebeten

# Fixpunktbestimmung über Doppler-Satelliten,

## wichtiges Hilfsmittel der Geophysik

H. W. Ries

Mit dem Start des ersten künstlichen Erdsatelliten, dem russischen Sputnik I am 4. 10. 1957, begann auch für die Geodäsie eine neue Epoche. Ihre erste Aufgabe bestand darin, die Bahnparameter für jeden frisch gestarteten Satelliten zu bestimmen. Das geschah von speziellen Beobachtungsstationen aus. Was lag jetzt näher, als auch den umgekehrten Weg zu beschreiten? Denn: waren die Bahndaten des Satelliten erfaßt und für einen gewissen Zeitraum vorausberechnet, dann mußte es auch möglich sein, rückschließend genaue Ortsbestimmungen von Bodenstationen vorzunehmen. Die Satelliten wurden quasi zu wandernden Bezugspunkten, die ihre Nutzlast 'Präzision' in die unzugänglichsten Weltgegenden verschicken und zum Abruf bereitstellen.

Schon 1960 entwickelten die Amerikaner das TRANSIT-System, das später den Namen 'Navy Navigation Satellite System' (NNSS) erhielt und 1964 weitgehend abgeschlossen war, aber vorerst nur militärischen Zwecken vorbehalten blieb. Erst seine Freigabe durch den amerikanischen Präsidenten am 29. 7. 1967 eröffnete kommerziellen, 'friedlichen' Benutzern den Zugang (Fig. 1). Die Vorteile des Systems:

- ▷ globale Nutzung,
- ▷ hohe Präzision,
- ▷ Verwendbarkeit zu jeder Tageszeit,
- ▷ bei jedem Wetter.

### Die Angewandte Geophysik ist auf die Geodäsie angewiesen

Warum das so ist, versteht sich fast von selbst. Trotzdem sei es ausgesprochen: Jeder Meßwert muß mit einem Meßort in Beziehung zu setzen sein. Wir brauchen für die Land- und Seeseismik, für die Seegravimetrie, für die Aerogeophysik exakte Positionen, konkret gesagt: Koordinatentripel, bestehend aus Nordwert, Ostwert, Höhe oder geographischer Länge, Breite und Höhe oder Tiefe. Daß die Ermittlung dieser Werte manchmal zeitraubender und teurer sein kann als die eigentliche Messung, interessiert hier nur am Rande.

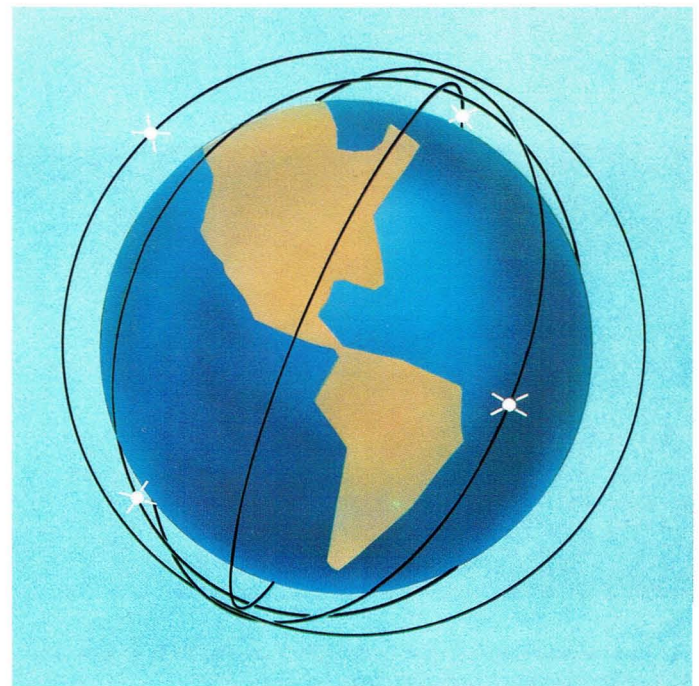


Fig. 1  
Navy Navigation Satellite System (NNSS) "TRANSIT"

### Satellite Doppler Positioning, an Important Geophysical Aid

The launching of the first artificial earth satellite, the Russian Sputnik I on 4. 10. 1957, brought the beginning of a new era for geodesy as well. The initial task was to determine the orbital parameters for each newly launched satellite. This procedure was carried out at special observation stations. The next obvious step was to take the reverse path. For, if the satellites' orbital data could be obtained and calculated in advance for a certain period, then it also had to be possible to determine the precise positions of ground stations. The satellites became quasi roving reference points which transmit their payload 'accuracy' to the most inaccessible corners of the world where it can be called up.

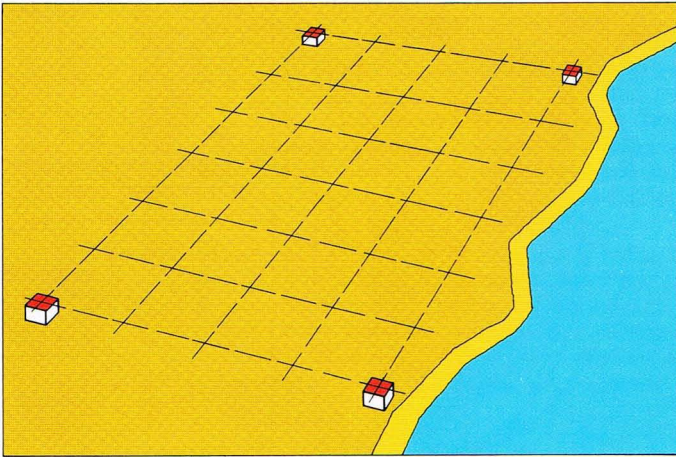
The Americans developed as early as 1960 the TRANSIT system, which later received the name 'Navy Navigation Satellite System' (NNSS) and which was largely completed by 1964, though it was initially restricted to military use. It was not until the American Presidency unclassified the system on 29. 07. 1967 that the commercial 'peaceful' users were given access (Fig. 1). The advantages of the system are:

- ▷ global use,
- ▷ high accuracy,
- ▷ 24-hour operation,
- ▷ under all weather conditions.

### Applied Geophysics relies on Geodesy

The reason why is fairly obvious. Nevertheless it should be stated: every measured value must be relatable to a position. For land and marine seismics, for marine gravity and for aerogeophysics we require exact locations, more precisely: a coordinate triplet consisting of easting, northing and elevation; or longitude, latitude and height (or depth). The fact that the determination of these coordinates is sometimes more time consuming and expensive than the actual survey is only of passing interest here.

The value measured in the field is generally not the ultimate objective of a survey. Often positions are required for determining diverse **corrections**. And all these corrections are connected in some way to the horizontal and/or vertical coordinates, for example the static corrections in seismics and



**Fig. 2**  
**Festpunkte höchstmöglicher Genauigkeit an den Eckpunkten eines Meßgebietes in noch unerforschter Region.**  
*Accurate fixed points at the corners of a survey area in unexplored region.*

Der im Feld gemessene Wert ist in der Regel nicht das Endziel einer Messung. Vielfach werden Positionen zur Ermittlung unterschiedlichster **Korrekturen** benötigt. Und all diese Korrekturen hängen in irgendeiner Weise mit den Lage- und/oder Höhenkoordinaten zusammen. Die statischen Korrekturen bei der Seismik und die Breiten-, Höhen-, Bouguer- und Gelände-korrekturen bei der Gravimetrie dienen als Beispiele. Positionsdaten sind natürlich auch für die **Darstellung** der Meßergebnisse in Form von Profilen und Karten notwendig. Schließlich ist die **Speicherung** der geophysikalischen Daten nur in Kombination mit den Lageparametern sinnvoll. Immer mehr Auftraggeber bestehen auf 'Final Tapes', die neben den korrigierten geophysikalischen Meßdaten auch die erwähnten Koordinatentripel enthalten.

### Die Frage nach dem 'Wo'

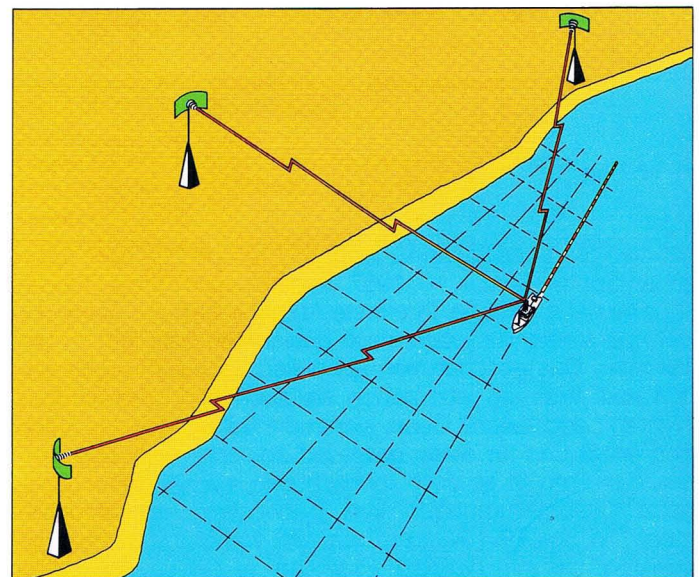
In vielen Gegenden unserer Erde ist die genaue Lagebestimmung von Meßorten nach den klassischen geodätischen Verfahren äußerst problematisch. Entweder existieren keine brauchbaren Karten, oder deren Maßstab ist zu klein, oder die Genauigkeit läßt Wünsche offen. Auch bei aerogeophysikalischen Messungen und nicht zuletzt bei Messungen auf See stößt die genaue Ortsbestimmung auf Schwierigkeiten. Wer kennt nicht die Reklameseite einer Kontraktorgesellschaft, die einen Malermeister auf den Wellen kniend zeigt, wie er gerade ein weißes Markierungskreuz auf das Wasser pinselt. Wenn es so einfach wäre. . .

Jedermann weiß, daß es in den Wüsten- und Urwaldregionen unserer Erde riesige Flächen gibt, die nicht einen einzigen Lage- oder Höhenpunkt aufweisen. In diesen Gegenden ist das Meßgebiet, zumindest an seinen Eckpunkten, durch Festpunkte höchstmöglicher Genauigkeit einzubinden (Fig. 2), was uns wieder auf unser Thema – Doppler-Fixpunktbestimmung via Satelliten – zurückführt. Die Genauigkeitsabnahme bei den normalen Feldstationen innerhalb des Rasters bis heran an die Grenze der gerade noch zulässigen Absolut- oder Relativwerte ergibt sich ganz von selbst. Dafür sorgt schon das Fehlerfortpflanzungsgesetz. Ähnliches gilt auch für die See- und Aerogeophysik. Niemand ist in der Lage, jeden einzelnen Meßpunkt mit bestmöglicher Genauigkeit zu bestimmen. Es sind vielmehr die Positionen der Navigationssender an Land, die so präzise wie möglich eingemessen werden müssen (Fig. 3).

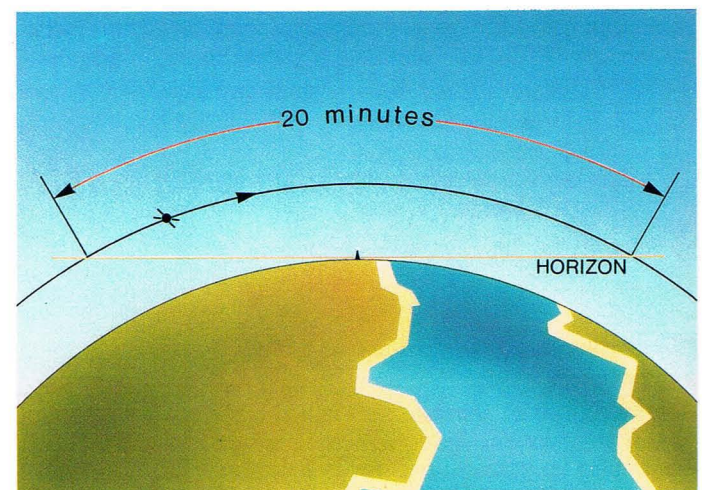
the latitude, elevation, Bouguer and terrain corrections in gravity. Position data are of course also necessary for the **presentation** of results in the form of sections and maps. Finally, the **storage** of geophysical data is meaningful only in combination with the position parameters. Nowadays an increasing number of clients insist on final tapes which include besides the corrected geophysical data also the above mentioned coordinate triplet.

### The Question of 'Where'

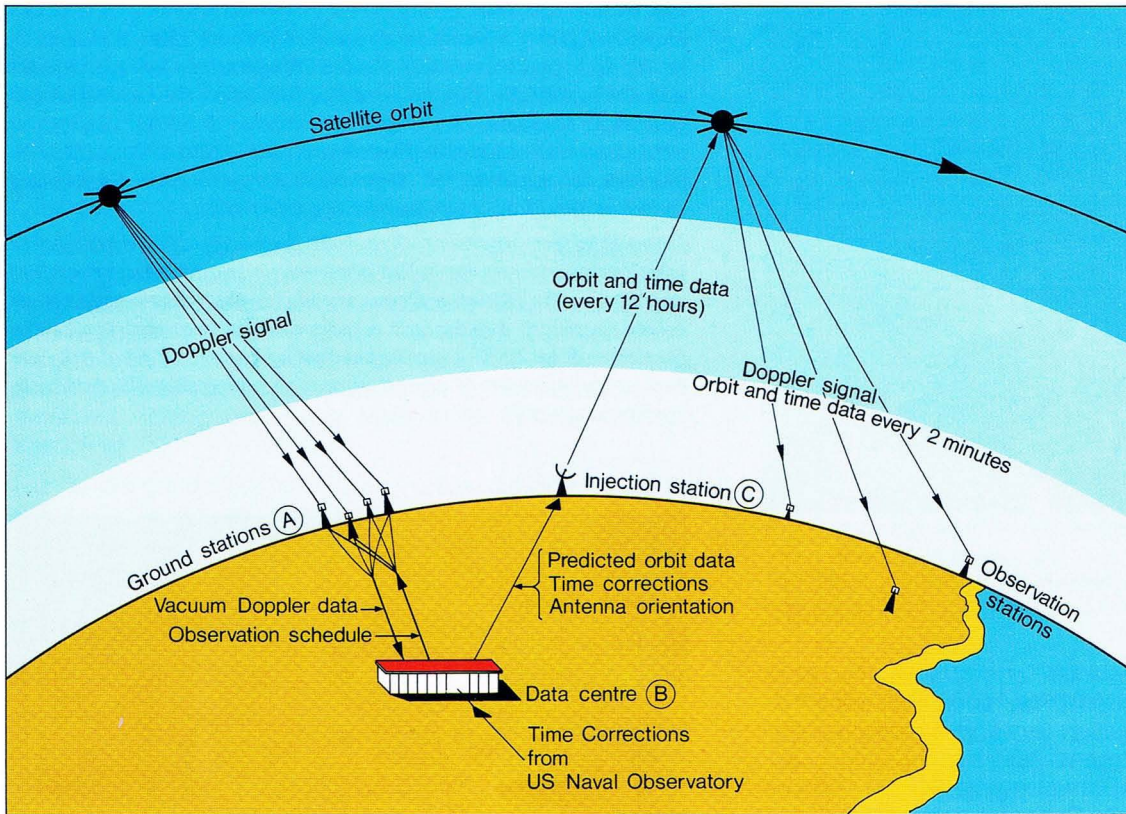
In many areas of the earth the exact positioning by classical geodetic methods is extremely problematic: either usable maps do not exist, or the map scale is too small, or the accuracy leaves a lot to be desired. Also in aerogeophysics and not least in marine surveys the exact positioning comes across difficulties. One contractor's well known advertisement shows a painter kneeling on the waves carefully marking a white cross on the water. If it were so easy. . .



**Fig. 3**  
**Die Position von Navigationssendern muß mit höchster Genauigkeit bestimmt werden.**  
*The positions of navigation transmitters must be determined with greatest accuracy.*



**Fig. 4**  
**Die maximale Sichtbarkeitsdauer eines TRANSIT-Satelliten bei zenit-nahem Durchgang beträgt etwa 20 Minuten.**  
*The maximum time of visibility of a TRANSIT satellite at or near the zenith is about 20 minutes.*



**Fig. 5**  
*Erfassung (A), Berechnung (B) und Übermittlung (C) der Bahnelemente in 12-Stunden-Intervallen. Abstrahlung der vom Satelliten gespeicherten (extrapolierten) Bahndaten im 2-Minuten-Rhythmus.*  
*Acquisition (A), computation (B) and injection (C) of the orbital data at 12 hour intervals. The orbital data stored in the satellite are sent out every two minutes.*

### Das Navy Navigation Satellite System (NNSS)

Minimal vier Doppler-Satelliten umkreisen die Erde auf polaren, quasi kreisförmigen Bahnen (Fig. 1), oft sind es auch fünf oder sechs. Die Schnittgerade ihrer Bahnebenen ist identisch mit der Rotationsachse der Erde. Selbstverständlich gehorchen auch künstliche Satelliten dem 1. Keplerschen Gesetz, das heißt: ihre Bahnen sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkt der Massenschwerpunkt der Erde liegt. Daher schwankt die Bahnhöhe über der Erde zwischen rund 700 km und 1300 km. Bei derart erdnahen Satelliten ist die Umlaufzeit entsprechend klein. Sie beträgt im Mittel 1 Stunde 48 Minuten. Die mittlere Geschwindigkeit liegt bei 7,3 km/s, sie folgt dem 2. Keplerschen Gesetz, ist also nicht konstant.

Die Sichtbarkeitsdauer eines Satelliten hängt naturgemäß von seiner Kulminationshöhe ab. Bei geringen seitlichen Abweichungen vom Zenit beträgt sie maximal 20 Minuten (Fig. 4).

Alle Satelliten senden ständig zwei sehr konstante, phasenmodulierte Frequenzen ab, und zwar 400 MHz und 150 MHz, die, Sie vermuten es bereits, zur eigentlichen Dopplermessung dienen. Wie aber erfährt der Satellit seine genauen Bahndaten und wie vermittelt er sie weiter?

Man führt für jeden Satelliten von vier Bodenstationen (A), die unter sich Abstände von einigen tausend Kilometern aufweisen, Dopplermessungen durch und ermittelt in einem Datenzentrum (B) die Bahnelemente des Satelliten (Fig. 5). Diese Daten überträgt eine Station (C) an den Satelliten, der sie speichert und zu jeder geraden Weltzeitminute zusammen mit dem Zeitzeichen abstrahlt. Das Zeitzeichen wird von der Zeitstation des US Naval Observatory überwacht und korrigiert. Die Übertragung der Information vom Satelliten zur Erde, also Zeitzeichen und Bahnelemente, geschieht digital durch Phasenmodulation, damit die zur Dopplermessung verwendeten Frequenzen nicht beeinflusst werden. In 12-Stunden-Intervallen werden die Bahnelemente neu be-

Everyone knows that in the deserts and jungles there are vast areas which are devoid of any marker. In such regions the survey grid has to be tied, at least at the corners, to reference stations of the highest possible accuracy (Fig. 2); this brings us back to our topic – satellite Doppler positioning. For normal field stations within a grid the accuracy decreases quite naturally down to the limit of acceptable absolute or relative values. The propagation law of errors takes care of that. The same is true for marine and aerogeophysics. Nobody is in the position to determine every single survey point with the best possible accuracy. Rather it is the positions of the navigation chain on land that must be known as precisely as possible (Fig. 3).

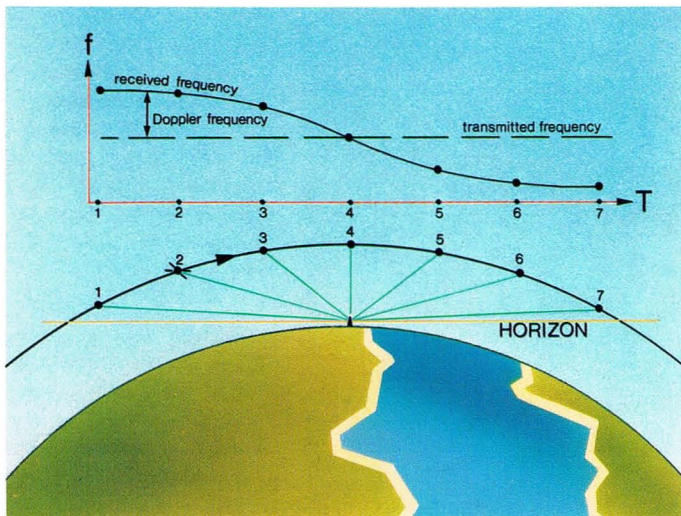
### The Navy Navigation Satellite System (NNSS)

At least four, but often five or six, NNSS Doppler satellites go round the earth in polar, nearly circular orbits (Fig. 1). The intersection line of their orbital planes coincides with the earth's rotational axis. Naturally artificial satellites obey Kepler's first law, which is: satellites follow an elliptical path with the earth's centre of gravity at one of the foci. Accordingly the orbital height above the earth varies between about 700 km and 1300 km. Satellites that close to the earth have correspondingly small orbital periods. On average the period is 1 hour 48 minutes. The average velocity is 7.3 km/s; it follows Kepler's second law, i.e. it is not constant.

The length of time that a satellite is visible depends on its culmination height. For orbits at or near the zenith it is 20 minutes (Fig. 4).

All the satellites emit two very constant, phase-modulated frequencies, namely 400 MHz and 150 MHz, which are used for the Doppler measurement. But how does the satellite learn its exact orbital data and how does it pass on this information?

Doppler measurements are made for each satellite from four ground stations (A), as shown in figure 5, which are spread



**Fig. 6**  
 ▷ **Doppler-Effekt: Scheinbare Frequenzänderung einer Wellenquelle, die sich gegenüber einer Beobachtungsstation bewegt.** Nähert sich der Satellit der Station, wird eine höhere als die tatsächlich abgestrahlte Frequenz empfangen (Positionen 1 bis 3), entfernt er sich, dann eine niedrigere (Positionen 5 bis 7). Die Frequenzänderungsrate ist maximal im Augenblick der geringsten Entfernung zwischen Satellit und Beobachter (Position 4).

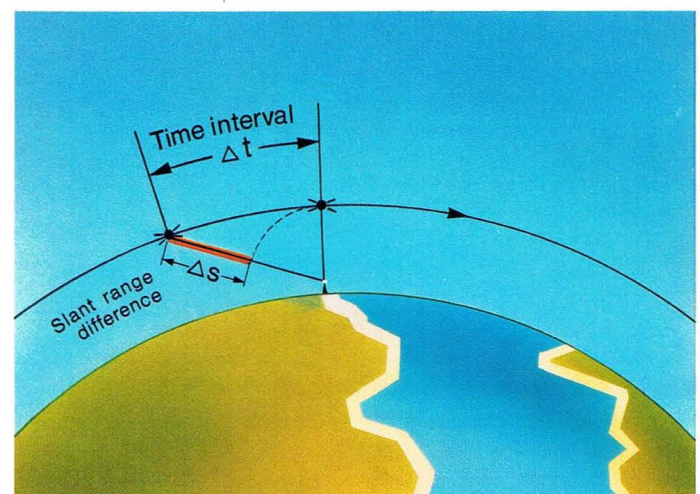
**Doppler effect: apparent change in frequency of a wave source which moves in relation to an observation station.** As the satellite approaches the station a frequency higher than that emitted is received (positions 1 to 3), as it recedes a lower frequency is received (positions 5 to 7). The maximum rate of change of frequency occurs at the moment of closest approach between satellite and observer (position 4).

stimmt. Um einen gewissen Spielraum zu haben, speichert der Satellit diese extrapolierten Daten für einen Zeitraum von 16 Stunden.

Die vom Satelliten alle 2 Minuten abgestrahlte Nachricht setzt sich aus 156 39-bit-Wörtern zusammen, von denen allerdings nur 26 für die Navigation verwendet werden: außer dem ersten Wort für die Zeitmarke sind dies 17 Größen zur Beschreibung der mittleren Bahnelemente (Kepler-Größen) sowie 8 Korrekturwerte, die die Bahnabweichung des Satelliten von einer exakten Ellipse durch den Einfluß des Schwerfeldes der Erde (Anomalien) und die Wirkung des Luftwiderstandes berücksichtigen. Mit diesen Daten kann ein Rechner die genaue Satellitenposition für den Beginn einer jeden geraden Weltzeitminute festlegen, was Voraussetzung ist zur eigenen Ortsbestimmung.

### Das Prinzip der Messung

Die Messung macht sich das jedem Zeitgenossen bekannte Phänomen des Doppler-Effektes zunutze: Eine rasch sich bewegende Schallquelle ändert einem stationären Beobachter gegenüber scheinbar seine Tonhöhe. Das bedeutet in unserem Fall: Bewegt sich der Satellit nach seinem Aufgang am Horizont auf uns zu, dann ist die empfangene Frequenz größer als die tatsächlich abgestrahlte von 400 bzw. 150 MHz. Sie nimmt ständig ab und wird schließlich kleiner als die Senderfrequenz, sobald sich der Satellit wieder entfernt. Die maximale Frequenzänderungsrate fällt zusammen mit dem Augenblick der geringsten Entfernung zwischen Satellit und Beobachter (s. Satellitenposition 4 in Fig. 6). Zu diesem Zeitpunkt erreicht der Satellit, bezogen auf den Be-



**Fig. 7**  
 Innerhalb eines genau definierten Intervalls  $\Delta t$  wird die Dopplerfrequenz (Doppler count) ermittelt und hieraus die Abstandsdifferenz  $\Delta s$  errechnet.

The Doppler frequency (Doppler count) is determined within a precisely defined time interval  $\Delta t$  and from this the slant range difference  $\Delta s$  is found.

**Fig. 8**

Das Hyperboloid ist der geometrische Ort aller Punkte, die eine konstante Abstandsdifferenz zu zwei Festpunkten haben. Für das grüne Hyperboloid stellen die beiden Festpunkte (= Brennpunkte) die Satellitenörter am Anfang (1) und Ende (2) des gewählten Zeitintervalls dar, für das rote Hyperboloid die Örter 2 und 3. Der Schnitt eines Hyperboloids mit dem Erdellipsoid liefert eine Standlinie. Der Schnittpunkt mehrerer Standlinien ergibt die Lage des Beobachtungsortes.

The locus of all points with a constant difference in distance to two fixed points is a hyperboloid. The two fixed points for the green hyperboloid are represented by the satellite positions at the beginning (1) and end (2) of the selected time interval. For the red hyperboloid positions 2 and 3 are valid. The intersection of a hyperboloid with the earth ellipsoid produces a position line. The intersection point of several lines gives the observer's location.



obachter, die größte Kulminationshöhe und hat somit, wegen seiner polaren Umlaufbahn, die gleiche geographische Breite wie der Beobachter selbst. Dieser Zeitpunkt ist gegeben durch den Nullpunkt der Dopplerfrequenzkurve. Der Längenunterschied zum Satelliten ergibt sich aus dem Gradienten der Dopplerfrequenzkurve an ihrem Null- und Wendepunkt. Ganz so einfach wie hier dargestellt, läßt sich die Ortsbestimmung allerdings nicht durchführen.

Bekanntlich ist die Dopplerfrequenz (Differenz zwischen empfangener und ausgesandter Frequenz) proportional der Relativgeschwindigkeit zwischen Quelle und Beobachter. Ihre Integration in einem genau definierten Zeitintervall ermöglicht die Bestimmung der Änderung des Radiusvektors Satellit-Beobachter. Damit ist auch die Entfernungsdifferenz zwischen Anfang und Ende eines jeden Zeitintervalls bekannt (Fig. 7).

Nun ist der geometrische Ort aller Punkte, die eine konstante Abstandsdifferenz zu zwei Festpunkten aufweisen, ein Hyperboloid, wobei die Festpunkte – Brennpunkte – die Sa-

over several thousand kilometres, then the satellite orbital elements are calculated in a data centre (B). These data are injected by a station (C) into the satellite's memory to be emitted together with the exact time at every even universal time minute. The time is controlled and corrected by the time station of the US Naval Observatory. The information transfer from satellite to earth, that is time and orbital data, takes place digitally by phase modulation so that the frequencies used for Doppler measurement are not affected. The orbital data are calculated at 12 hour intervals. However, in order to be on the safe side the satellite stores the extrapolated data for 16 hours.

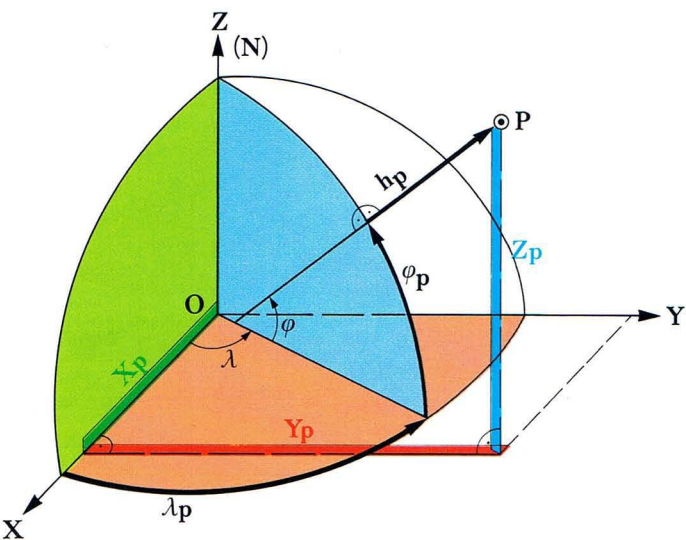
The information transmitted by the satellite every two minutes consists of 156 39-bit words, of which only 26 are used for positioning. In addition to the first word indicating the time there are 17 quantities for describing the mean orbit (Kepler quantities) as well as 8 corrections, which consider the satellite's deviation from an exact ellipse as a result of the influence of the earth's gravitational field (anomalies) and the drag effect. In this way the exact satellite position at the start of every even universal minute is known; this is a prerequisite for positioning receiver stations.

### The Principle of the Survey

The survey makes use of the well known phenomenon of the Doppler effect: a rapidly moving sound source appears to alter its pitch with respect to a stationary observer. In our case that means: when the satellite approaches the receivers after its ascent the received frequency is higher than the emitted frequency. It decreases continuously and eventually becomes lower than the transmitted frequency as soon as the satellite starts to move away. The maximum rate of change of frequency coincides with the time of closest approach between satellite and observer (see satellite position 4 in Fig. 6). At this moment the satellite has its culmination (referred to the observer) and has, owing to its polar orbit, nearly the same geographic latitude as the observer. This moment is given by the neutral point on the Doppler frequency curve. The difference in longitude between satellite and observer is related to the gradient of the Doppler frequency curve at the point of inflection. Satellite Doppler positioning, however, is not as simple as described here. In practice another way is followed.

As is generally known the Doppler frequency (difference between received and emitted frequency) is proportional to the relative velocity between source and observer. The integration of this frequency over a precisely defined time interval enables the change of the radius vector satellite-observer to be determined. Consequently the difference in distance, the so-called slant range difference of each time interval is known (Fig. 7).

The locus of all points with a constant difference in distance to two fixed points is a hyperboloid, whereby the fixed points – foci – represent the satellite positions at the beginning and end of each time interval. The intersection curve of the hyperboloid with the earth ellipsoid gives one position line for the location to be determined. The subsequent time interval supplies a second hyperboloid and thus a second position line (Fig. 8). In this way each successive time interval contributes a hyperboloid with a position line which intersects other position lines and marks the required location. Theoretically three position lines suffice for calculating the three geocentric coordinates X, Y and Z, or the geographic coordinates latitude, longitude and elevation (Fig. 9). A fourth observation is necessary in order to determine a fourth unknown, that is the frequency offset between transmitter os-



**Fig. 9**  
**Das geozentrische (kartesische) Koordinatensystem mit den Koordinatenrichtungen X, Y und Z.**

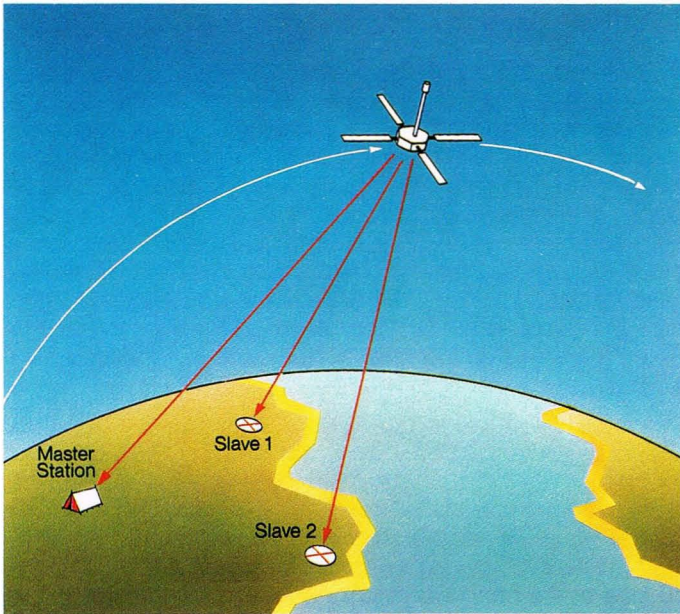
- O:** Erdmittelpunkt
  - Z-Achse:** Rotationsachse der Erde
  - XY-Ebene:** Äquatorebene
  - XZ-Ebene:** Meridianebene von Greenwich
- Das geographische Koordinatensystem hat das Ellipsoid als Bezugskörper:**
- $\varphi$ :** geographische Breite (Winkel  $\varphi$  in der Meridianebene, den die Ellipsoid-Normale mit der Äquatorebene bildet)
  - $\lambda$ :** geographische Länge
  - $h$ :** Höhe über der Ellipsoidfläche (stark übertrieben in der Darstellung).

**The geocentric (Cartesian) coordinate system with the directions X, Y and Z**

- O:** earth's centre
- Z-axis:** rotational axis of earth
- XY-plane:** equatorial plane
- XZ-plane:** meridian plane of Greenwich

**The geographic coordinate system refers to the ellipsoid:**

- $\varphi$ :** geographic latitude (angle measured in the meridian plane between the equatorial plane of the ellipsoid and the normal to the ellipsoid through point P)
- $\lambda$ :** geographic longitude
- $h$ :** elevation above ellipsoid (exaggerated)



**Fig. 10**  
 ▽ *Verbesserte Genauigkeit durch die Methode der Mehrstations-Translokation. Die Positionsbestimmung wird an mehreren Stationen gleichzeitig vorgenommen, dadurch werden zufällige und systematische Fehler der übermittelten Satellitenörter sowie Störeinflüsse durch die Ionosphäre eliminiert.*

*The method of multi-station translocation enables improved accuracy. Simultaneous observations at several stations eliminate random and systematic errors of the transmitted satellite places as well as effects of the ionosphere.*

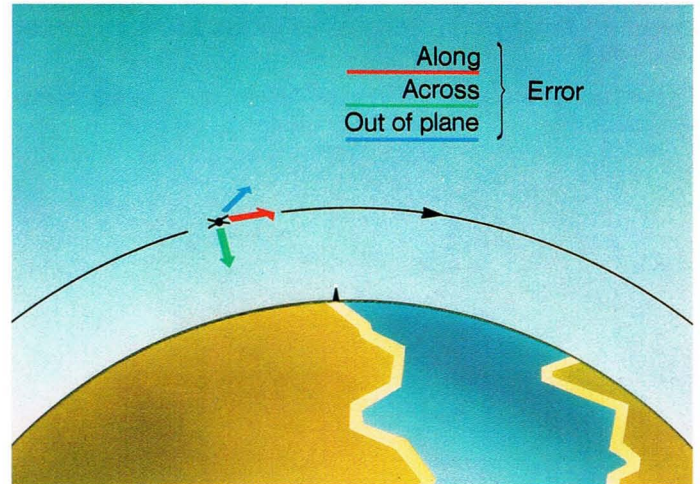
tellitenörter am Anfang und Ende des erwähnten Zeitintervalls darstellen. Die Schnittkurve des Hyperboloids mit dem Erdellipsoid liefert eine Standlinie für den zu bestimmenden Ort. Das nächste Zeitintervall liefert ein zweites Hyperboloid und somit eine zweite Standlinie (Fig. 8). So trägt jedes Zeitintervall ein Hyperboloid und damit eine Standlinie bei, die sich schneiden und den gesuchten Ort markieren. Theoretisch genügen drei Standlinien zur Berechnung der drei geozentrischen Koordinaten X, Y und Z bzw. der geographischen Koordinaten Breite, Länge und Höhe (Fig. 9). Zur Ermittlung einer vierten Unbekannten, nämlich des Frequenzoffsets zwischen dem Senderoszillator des Satelliten und dem Referenzoszillator des Empfängers, ist eine vierte Beobachtung notwendig. Jedes weitere Beobachtungsintervall und insbesondere die Beobachtung mehrerer Satelliten verbessern naturgemäß die Lagegenauigkeit. Bei der Erfassung von etwa 30 Satellitendurchgängen erreichen wir Genauigkeiten von nur wenigen Metern. (Die mathematische Lösung über den Rechner folgt allerdings nicht den hier beschriebenen Vorstellungen der analytischen Geometrie.)

### Translokation und Mehrstations-Translokation, Methoden zur Verbesserung der Genauigkeit

Die Positionsbestimmung wird hier mit zwei oder mehreren Stationen gleichzeitig vorgenommen (Fig. 10). Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, daß ein Großteil der sonst unvermeidbaren Fehler eliminiert werden kann. Das gilt insbesondere für zwei Fehlerarten

- ▷ Die vom Satelliten her übermittelten Satellitenörter sind naturgemäß mit zufälligen und systematischen Längs-, Quer- und Radialfehlern behaftet, die bis zu 30 Meter betragen können (Fig. 11).
- ▷ Beim Durchgang des Signals durch die Ionosphäre und Troposphäre treten Strahlenbrechungen auf, was den Signalweg beeinflusst (Fig. 12).

All diese Fehler sind an zwei oder mehr gleichzeitig beobachtenden Stationen identisch oder fast identisch. Mit den entsprechenden Programmen läßt sich – entweder unmittelbar an Ort und Stelle oder später in einem Datenzentrum – eine relative geodätische Genauigkeit für Strecken und Azimute zwischen den einzelnen Stationen erreichen, die unter einem Meter liegt. Fällt eine der Stationen mit einem trigonometrischen Punkt erster Ordnung zusammen, dann erhalten wir auch die Koordinaten der übrigen Stationen mit eben dieser hohen Genauigkeit. Figur 13 zeigt ein Meßbeispiel aus der Praxis. Selbstverständlich hängt die Genauigkeit nicht nur von der Anzahl der Satellitendurchgänge ab.



**Fig. 11**  
*Abweichung des Satelliten von den übermittelten Bahndaten (Längs-, Radial- und Querfehler). Deviation of the satellite from the transmitted orbital data (along, across and out of plane errors).*

oscillator of the satellite and reference oscillator of the receiver. Every further observation interval and particularly the observation of several satellites naturally improves the positioning accuracy. The observation of about 30 satellites achieves an accuracy of a few metres. (The mathematical solution using computer, however, does not follow the above description of the analytical geometry.)

### Translocation and Multi-Station Translocation, Methods for Improving the Accuracy

Doppler positioning in this case is made at two or more stations simultaneously (Fig. 10). The advantage of this technique is that a large part of the unavoidable errors can be eliminated. This is particularly true for two types of error:

- ▷ the satellite's places transmitted from the satellite are subject to random and systematic errors, i.e. the along, across and out of plane error, which can be as much as 30 metres (Fig. 11).
- ▷ as the signal passes through the ionosphere and troposphere refractions occur, which affect the signal path (Fig. 12).

These errors are identical or nearly identical at simultaneously observing stations. Using appropriate programs it is possible – either directly on site or later in a data centre – to attain a geodetic accuracy better than one metre for length and azimuths of the interstation vectors. If one of the stations coincides with a trigonometric point then also the coordinates of the remaining stations can be found to this high



Sie reduziert sich zwangsläufig mit zunehmender Distanz zwischen den Stationen.

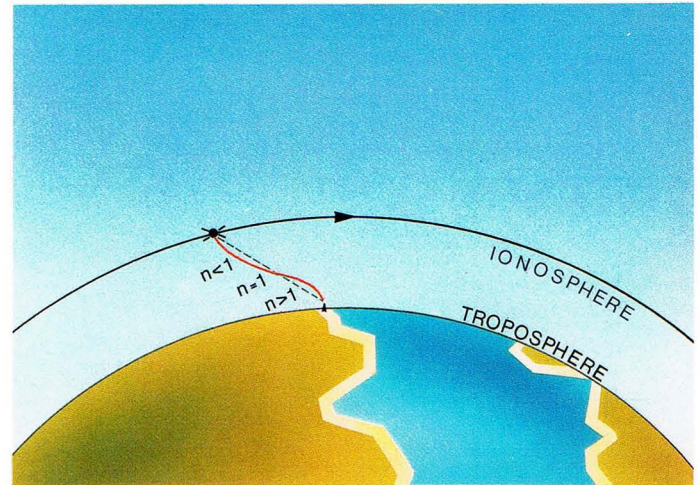
Die Anwendungsmöglichkeiten dieses genauen, schnellen und kostengünstigen Ortungsverfahrens, das weder von der Tageszeit noch vom Wetter und von der geographischen Lage abhängt, sind daher weitgespannt:

- Es läßt sich zur Stabilisierung geodätischer Netze und Züge einsetzen,
- liefert Paßpunkte für die Photogrammetrie oder für andere Messungen aus der Luft, selbst bei Verwendung von Trägheitsnavigation,
- ermöglicht die Koordinatentransformation zwischen Ellipsoiden mit unterschiedlichem Datum
- und leistet bei der Positionierung von Offshore-Bohrplattformen wertvolle Dienste.

### Zum Abschluß eine Reminiszenz

Bis vor etwa fünfzehn Jahren stand für Präzisionsmessungen in entlegenen Gebieten nur die geodätische Astronomie zur Verfügung. Ich erinnere mich noch gut an die Nächte am Amazonas, wo ich auf klaren Himmel wartete. Und wie war ich froh, wenn ich endlich meine dreißig Sterndurchgänge 'im Kasten' hatte! Daraus ergab sich dann eine Genauigkeit – eine innere Genauigkeit, versteht sich – von ungefähr einer Bogensekunde für die Breite und einer Zehntelzeitsekunde in der Länge, was Fehlern von dreißig bis fünfzig Metern entsprach. Und dafür mußte man schon in guter körperlicher und seelischer Verfassung sein, und es durfte keine Moskitos geben. Aber was noch schlimmer war: die astronomischen Koordinaten bezogen sich auf das Geoid. Diese unregelmäßige Fläche, mathematisch nur schwer darstellbar und behaftet mit dem Lotabweichungsproblem, ist bei Vermessungsleuten nicht geschätzt. Manchmal war es auch sehr schwierig oder sogar unmöglich, den richtigen Zusammenhang zum Ellipsoid zu finden, der Bezugsfläche der Geodäsie.

Nun, die Zeiten haben sich geändert. Die Fixpunktbestimmung über Doppler-Satelliten hat dem Geodäten im Solde der Geophysik ein großartiges Werkzeug an die Hand gegeben. Mögen er und die Geophysik es nutzen!

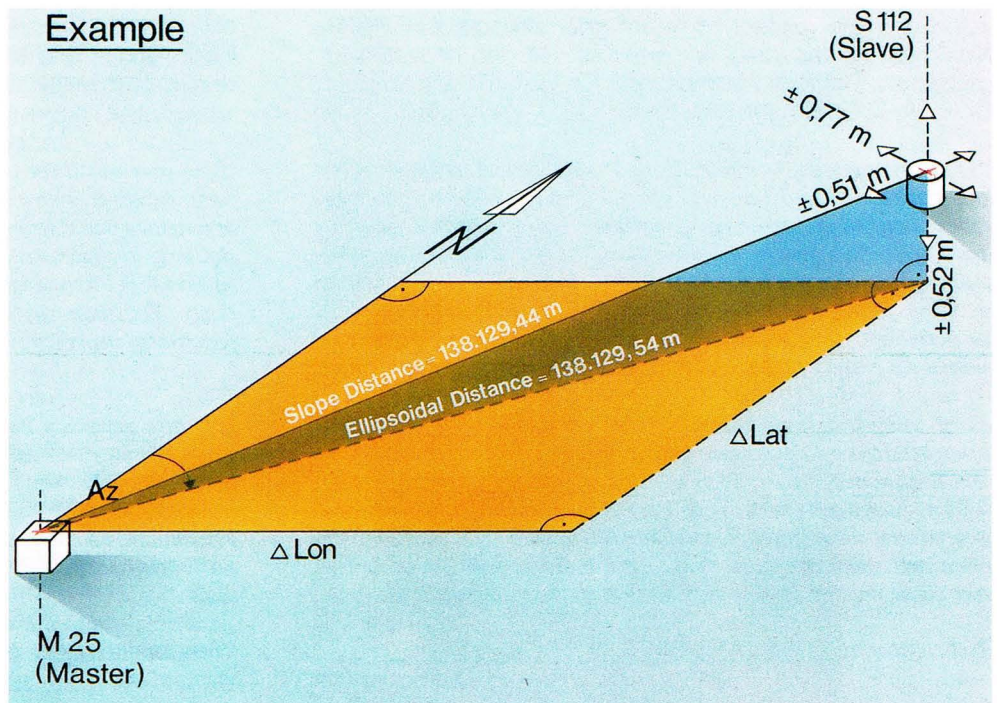


**Fig. 12**  
*Änderung der Dopplerfrequenz durch Verzerrung des Signalweges beim Durchgang durch Ionosphäre und Troposphäre.*  
*Variation of Doppler frequency as a result of signal path distortion when passing through the ionosphere and troposphere.*

accuracy. Figure 13 shows a working example. Of course the accuracy does not depend only on the number of satellite passes. It is unavoidably reduced as the distance between stations increases.

There is a wide variety of applications for this accurate, quick and economic positioning method that is independent of time of day, weather and geographic position:

- it can be used for geodetic control of any grid or line configurations,
- it helps in the determination of control points in photogrammetry and other aero surveys, even when using inertial navigation,
- it enables the transformation of coordinates between different ellipsoids
- and is useful for positioning offshore drilling rigs.



**Fig. 13**  
*Ein aus der Praxis bezogenes Beispiel zeigt die große Genauigkeit der Translokationsmethode. Der mittlere Fehler einer Nebenstation (Slave) liegt innerhalb eines Meters bei einem Abstand zur Hauptstation (Master) von 138 km. 32 Satellitendurchgänge wurden verwendet.*  
*This field example shows the high accuracy of the translocation method. The rms error of the slave-station coordinates is less than one meter, the master station being 138 km away. 32 satellite passes were used.*

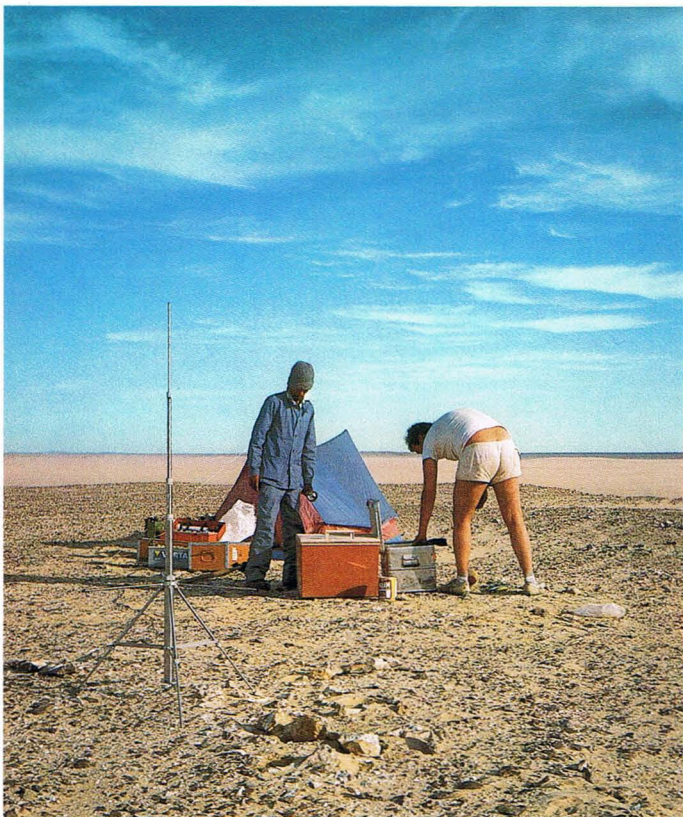


Foto: J. Ruffer

(Fig. 14)  
Eine Meßstation in der Sahara  
A station in the Sahara

### A Concluding Reminiscence

Until fifteen years ago only geodetic astronomy was available for positioning in remote areas. I remember well those nights waiting in the Amazon basin for a clear sky. And was I happy when I finally had my thirty stars in the box! That gave an accuracy – an inner accuracy that is – of about one second of arc in latitude and one tenth of a second of time in longitude, which corresponded to errors of thirty to fifty metres. And to achieve that one had to be in good physical and psychological shape, and with no mosquitoes. But what was worse, the astronomical coordinates were referred to the geoid. This irregular surface, difficult to represent mathematically and with its problem of the deflection of the vertical, is abhorred by surveyors. Sometimes it was very difficult or even impossible to find the relation to the ellipsoid – the geodetic reference surface.

But times have changed. Positioning using Doppler satellites has given geodesists working in geophysics a first-rate tool. So now, let it be applied!

## Scherwellenseismik – Interpretation

Eigentlich hätten unsere Leser Anspruch darauf gehabt, in dieser Nummer über die 'Interpretation' von Scherwellenmessungen genauestens ins Bild gesetzt zu werden, als vierte Folge einer Serie. Versprochen war es jedenfalls (Heft 1 + 2/83). Unsere Scherwellen-Spezialisten haben die Redaktion nun vor die Wahl gestellt, ihr entweder den Artikel sofort und wie geplant zu liefern oder aber zwei REPORT-Nummern später, dafür angereichert mit den neuesten Ergebnissen. Die Redaktion hat sich für letzteres entschieden. Dr. H. A. K. Edelmann erläuternd:

*„Die vorausgegangenen drei Kapitel konnten auf weitgehend bekannten Tatsachen fußen; aber ähnlich dem Fluß, der sich nach geradem Lauf in die zahllosen Arme eines Deltas verästelt, gewinnt das Thema 'Scherwelle' an jener Stelle, an der es um die Interpretation geht, eine derartig große Vielgestaltigkeit, daß es immer schwerer fällt, über diesen Teilbereich einigermaßen erschöpfend zu berichten. Die große Vielfalt von Lagerstätten erfordert nun einmal ein entsprechend differenziertes Vorgehen.“*

*Es ist unterdessen allgemein bekannt, daß beide Verfahren, die Kompressionswellenseismik und die Scherwellenseismik, erst in ihrem Zusammenwirken die gewünschten Interpretationsergebnisse liefern. Es müssen daher beide Verfahren parallel verfolgt und zur Beurteilung herangezogen werden. Allein von 'Scherwelleninterpretation' zu sprechen, ist daher nicht mehr gerechtfertigt. In diesem Sinne werden wir den geplanten Aufsatz gestalten.“*

Zu finden wird er sein in Heft 1/85.

Die Redaktion

## Shear-Wave Seismics – Interpretation

In this issue our readers should have been entitled to inform themselves about the 'Interpretation' of shear-wave surveys, the fourth installment of the series. It was promised anyway (issue 1 + 2/83). Our shear-wave experts gave us the choice of having the article either now and as planned or two REPORT issues later but with the latest results. The editor decided upon the latter. Dr. H. A. K. Edelmann explains:

*„The previous three chapters could be based on generally known facts; however, like a river which splits up into countless branches at a delta after a straight course, the topic 'shear waves' becomes similarly diverse as soon as the stage of interpretation is reached, so that it is increasingly difficult to deal with this subject exhaustively. The large variety of deposits demands correspondingly differentiated procedures.“*

*It is now generally known that the two methods, compressional-wave seismics and shear-wave seismics, yield the optimum interpretation only when they are combined. Consequently, both methods must be followed up together and referred to in the evaluation. To speak of just shear-wave interpretation is therefore no longer justified. The planned article will be handled accordingly.“*

We intend to get it out in issue 1/85.

The Editor

# Multi-Offset-VSP

## Beispiel einer Strukturuntersuchung mit synthetischen Daten

Seismische Messungen im und am Bohrloch sind seit langem ein wichtiger Zweig der Angewandten Geophysik. Die Aufgabe der Bohrlochseismik bestand zunächst in der Erfassung von Durchschnitts- und Schichtgeschwindigkeiten sowie in der Verknüpfung der durchteuften Schichtgrenzen mit den seismischen Daten des die Bohrung umgebenden Profilnetzes. Seit etwa 15 Jahren ist nun ein neues Meßverfahren hinzugetreten, weltweit bekannt als **Vertical Seismic Profiling (VSP)**. Erstaunen mag, daß diese Technologie bereits rund ein Jahrzehnt vorher in der UdSSR eingeführt wurde, bis auch der Westen sich ihrer besann, sie integrierte und schließlich zu einem wichtigen Verfahren der Angewandten Geophysik entwickelte.

K. Köhler

Während bei der klassischen Bohrlochversenkmessung nur die direkte Welle gemessen wird, was auf eine Durchschalung des Bohrlochumfeldes hinausläuft, besinnt man sich bei der VSP-Messung wieder der Stärke der Seismik: man erfaßt auch die Reflexionen von Bereichen unterhalb des Versenkgeophons. Figur 1 zeigt das Prinzip. Der Praktiker bewegt sich also wieder auf dem ihm vertrauten Boden der Reflexionsseismik, nur daß jetzt die Geophonorte nicht längs der Erdoberfläche, sondern im Bohrloch, also in der Regel senkrecht angeordnet sind, wohingegen der Senderort an der Erdoberfläche nahe der Bohrung liegt, oder in größerem Abstand davon, oder – und damit wären wir schon beim Multi-Offset-VSP – mehrere Senderorte gruppieren sich linienförmig (2D), sternförmig oder als ein Flächenraster (3D) um den Bohrlochmund. Als Aufnehmer läßt sich eine Sonde verwenden, die, wie auch bei der klassischen Bohrlochversenkmessung üblich, in das Bohrloch ein- und ausgefahren wird. Naheliegenderweise geht der Trend heute dahin, Geophonketten mit mehreren Drei-Komponenten-Geophonen zu verwenden, quasi als 'hängende' Auslagen.

Fig. 1

**Meßanordnung für ein Vertikales Seismisches Profil (VSP).** Eine seismische Quelle sendet wiederholt Signale aus, die von einer Bohrlochsonde in verschiedenen Tiefen aufgenommen werden, und zwar in Form

- ▷ abwärtslaufender direkter Wellen (und deren Multiplen),
- ▷ aufwärtslaufender Reflexionen (und deren Multiplen).

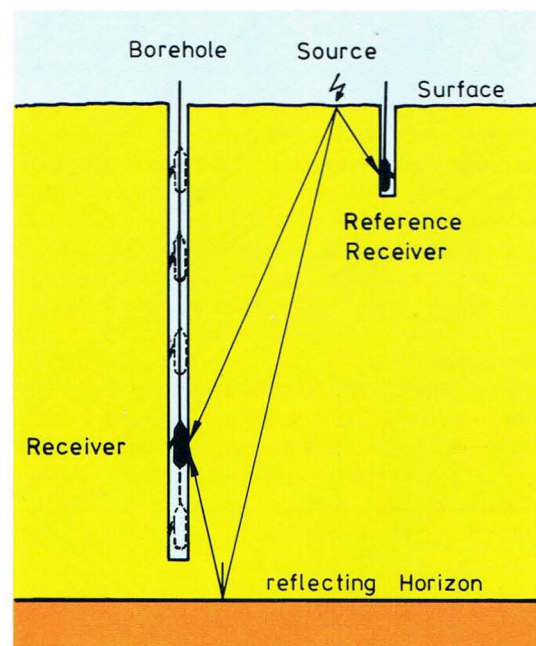
**Arrangement for VSP.** A seismic source repeatedly emits seismic signals which are received by a borehole sonde at various depths as

- ▷ downgoing direct waves (and their multiples),
- ▷ upgoing reflections (and their multiples).

### Multi-Offset Vertical Seismic Profiling Example of a Structural Investigation with Synthetic Data

Seismic surveys in boreholes have long been an important branch of applied geophysics. Such surveys determine the average and layer velocities as well as tie in the drilled layer boundaries with the seismic data of the line grid around the borehole. The well known **Vertical Seismic Profiling (VSP)** method came into use about 15 years ago. It may be surprising to learn that this technique was actually introduced about one decade earlier in the USSR, but then the West got hold of the idea, integrated it and finally developed it to an important applied geophysical method.

Whereas normal well-velocity surveys record only the direct waves, i.e. the waves penetrating the borehole surroundings, the VSP survey also records reflections from layers beneath the borehole geophone. The principle is shown in figure 1. Reflection seismics has thus been introduced into well geophysics, only here the geophone positions are not arranged at the surface but in the borehole, i.e. generally vertically. The source position is located at the surface near the borehole, or offset from it, or – and this brings us to the multi-offset VSP – there are several source positions arranged around the well in a line (2D), in a cross array or in an areal grid (3D). The receiver sonde can, as in normal well-velocity surveys, be run in and out of the borehole. However, the current trend is to make use of several three-component geophones arranged in geophone chains, which form a quasi-vertical spread.

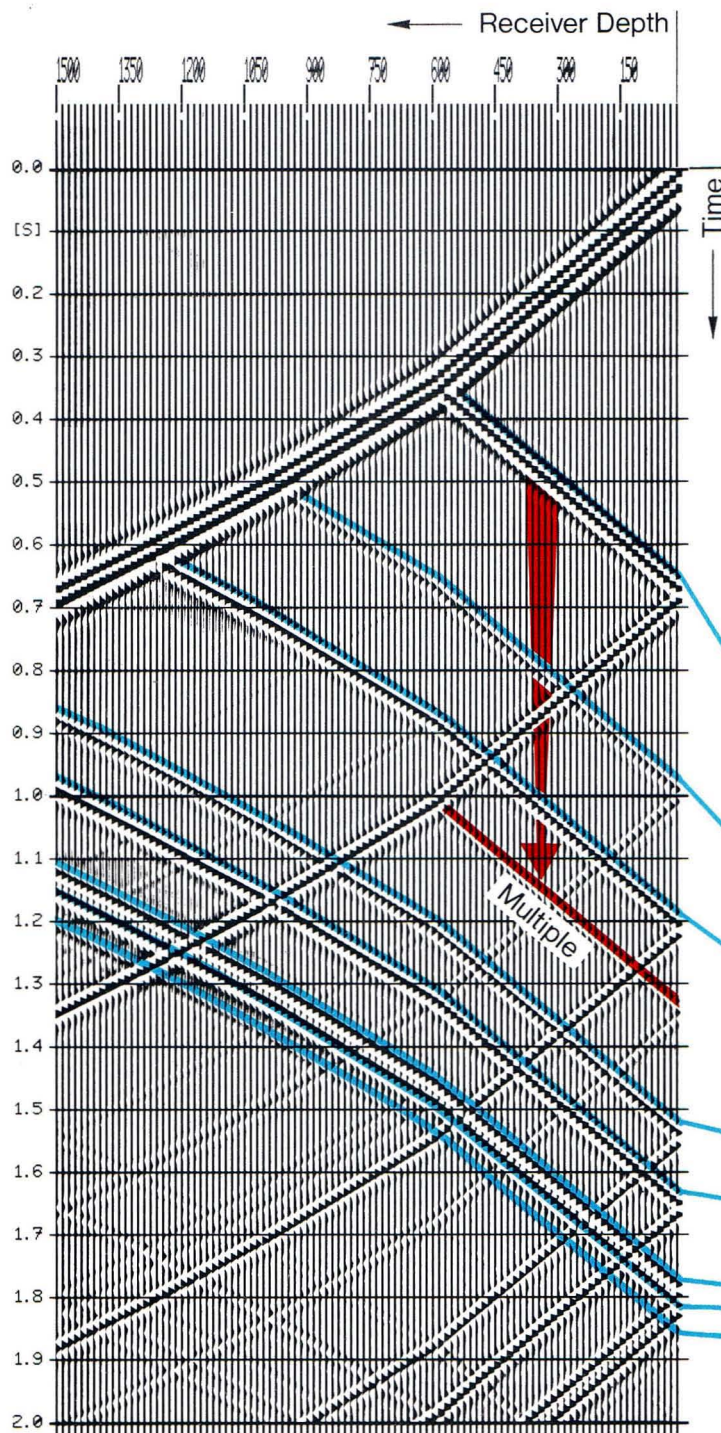


### Was kommt bei einer VSP-Messung heraus?

Letztendlich eine Sektion, da es sich, wie oben dargelegt, um Reflexionsseismik handelt. Und wie bei einer 'normalen' Sektion gibt die vertikale Skala die Laufzeit wieder, die horizontale die Empfängerpositionen – präzisiert für unseren Fall: die Tiefen der Sonde(n).

Figur 2 zeigt ein willkürlich angenommenes Modell des Untergrundes, bestehend aus Schichten mit jeweils konstanter Geschwindigkeit und Dichte, und das entsprechende vertikale seismische Profil, berechnet mit Hilfe der Reflektivitätsmethode nach Müller und Temme (1). Zwei Wellenarten fallen ins Auge:

- ▷ **abwärtslaufend:** direkte Welle und ihre Multiplen (Einweglaufzeiten),
- ▷ **aufwärtslaufend:** reflektierte Wellen und ihre Multiplen (Zweiweglaufzeiten).



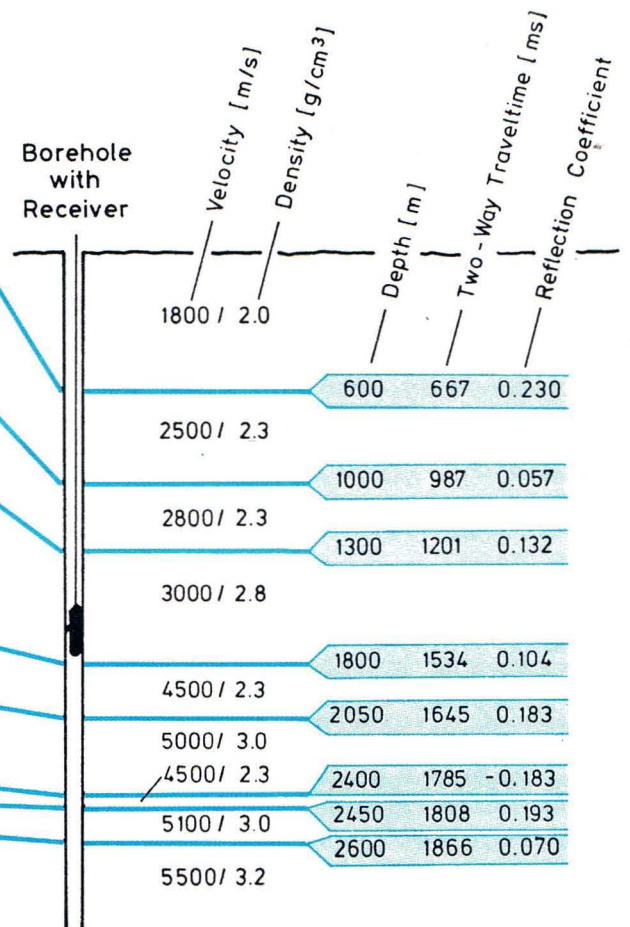
### What emerges from a VSP survey?

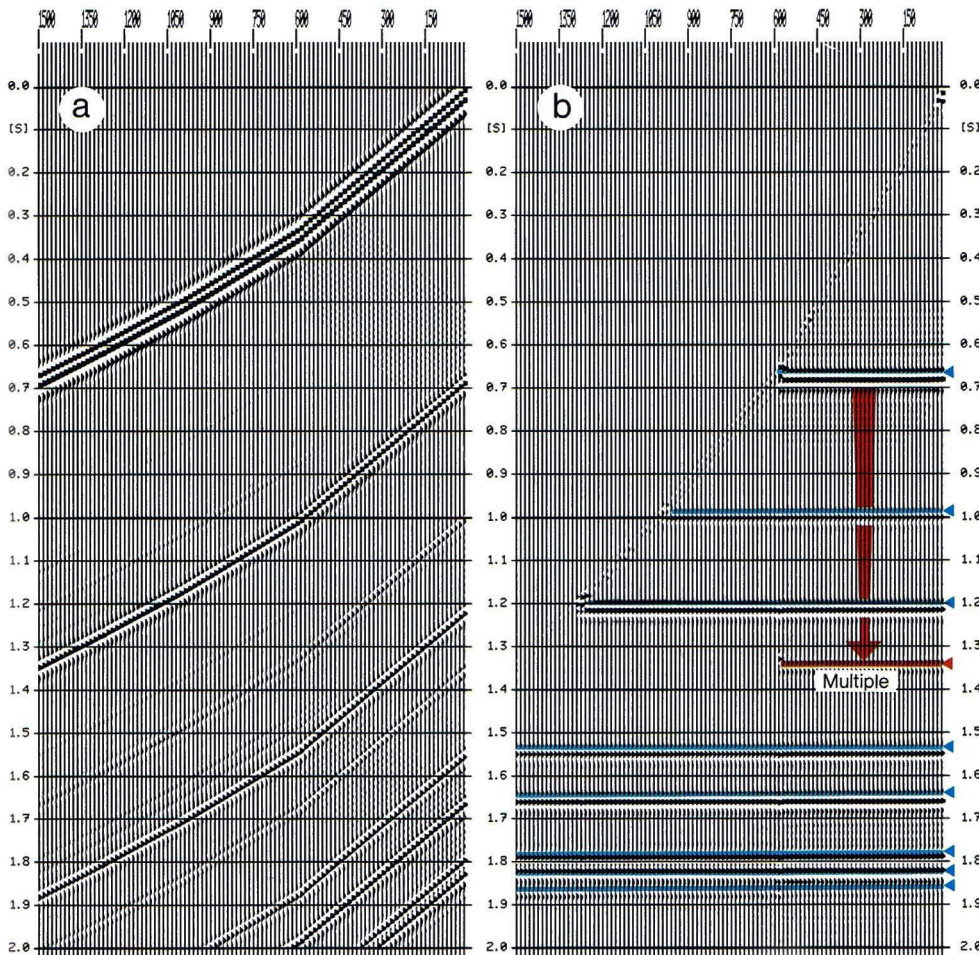
As mentioned above VSP is nothing other than reflection seismics, and thus what we obtain is a seismic section. Its vertical scale represents traveltime and the horizontal scale the receiver positions, that means in our case: the depth of the sonde(s).

Figure 2 shows an arbitrarily chosen model of the subsurface consisting of layers with constant velocity and density, and the corresponding vertical seismic section, calculated using the reflectivity method of Müller and Temme (1). Two wave types are conspicuous:

- ▷ **downgoing:** direct waves and their multiples (one-way traveltimes),
- ▷ **upgoing:** reflected waves and their multiples (two-way traveltimes).

**Fig. 2**  
 Eine synthetische VSP-Sektion, abgeleitet aus dem rechts dargestellten Untergrundmodell.  
 Wir erkennen die abwärtslaufende direkte Welle und ihre Multiplen sowie die aufwärtslaufenden Reflexionen (blau) und die Multiple der ersten Reflexion (rot).  
 A synthetic VSP section derived from the subsurface model on the right. Note the downgoing direct wave and its multiples, as well as the upgoing reflections (blue) and the multiple of the first reflection (red).





**Fig. 3**  
*Trennung der abwärtslaufenden Wellen (a, mit Einweg-Laufzeiten) von den aufwärtslaufenden Wellen (b, mit Zweiweg-Laufzeiten = Reflexionszeiten ab Bezugsniveau), die letzteren nun statisch auskorrigiert. Auch hier ist die Multiple der obersten Reflexion gut erkennbar.*

*Separation of downgoing waves (a, one-way traveltimes) from upgoing waves (b, two-way traveltimes = reflection times from datum level), the latter statically corrected. The multiple of the uppermost reflection is quite clear.*

Wir trennen nun die beiden Wellenarten, indem wir die Laufzeitkurve der direkten Welle bestimmen und dann die seismischen Spuren statisch so verschieben, daß die Signale der direkten Welle eine horizontale Linie bilden, also zeitgleich sind. Durch Mittelung jeweils mehrerer Spuren werden all jene Signale verstärkt, deren Laufzeitkurven parallel zur Laufzeitkurve der direkten Welle liegen, die Signale der Reflexionen und deren Multiplen hingegen ausgelöscht. Jetzt hat eine statische Rückverschiebung und Wiederherstellung der ursprünglichen Laufzeiten zu erfolgen. Auch eine Amplitudenanpassung an die Originalspuren ist noch durchzuführen, was nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate geschieht. Das Resultat der erläuterten Prozedur manifestiert sich in Figur 3a.

Wie kommt man aber zu den 'statisch auskorrigierten' Reflexionen der Figur 3b? Wir subtrahieren die in Figur 3a dargestellten Spuren von den Spuren der Ausgangssection in Figur 2, was bewirkt, daß nur die Signale der aufwärtslaufenden Wellen, d. h. der Reflexionen und deren Multiplen, erhalten bleiben. Naturgemäß hängen die Laufzeiten einer Reflexion in einer VSP-Sektion – neben den Geschwindigkeiten im Hangenden – von der jeweiligen Position der Sonde im Bohrloch ab: Je stärker sich die Sonde dem Reflektor nähert, desto kleiner werden die Laufzeiten und desto größer müssen folglich die Laufzeitkorrekturen ausfallen, damit es zu den 'auskorrigierten' Reflexionen von Figur 3b kommt. Aus dem Rahmen fallen die Signale bei 1334 ms Laufzeit. Da sie in ihrer Ausdehnung jedoch exakt mit der obersten Reflexion übereinstimmen, sind sie klar als Multiple dieser Reflexion erkennbar, ein Sachverhalt, der auch aus Figur 2 hervorgeht.

The two wave types are separated by determining the traveltime curve of the direct wave and then statically shifting the seismic traces so that the signals of the direct wave form a horizontal line (of constant traveltime). By combining several traces all the signals are amplified which have traveltime curves parallel to the traveltime curve of the direct wave, whereas the reflections and their multiples are attenuated. Subsequently the traces are shifted back statically and the original traveltimes are restored. An amplitude adjustment to the original traces is then carried out using the method of least mean squares. The result of the above procedure can be seen in figure 3a.

But how are the statically corrected reflections of figure 3b arrived at? The traces shown in figure 3a are subtracted from those of the original section (Fig. 2) thus leaving only the signals of the upgoing waves, i.e. the reflections and their multiples. A reflection traveltime in a VSP section naturally depends (besides on the layer velocities) on the sonde's position in the borehole: as the sonde approaches the reflector the traveltimes become smaller and the traveltime correction must consequently become larger to result in the corrected reflections of figure 3b. Note the reflection at a traveltime of 1334 ms. It extends the same amount across the section as the uppermost reflection, thus revealing it to be a multiple. This can also be seen in figure 2.

## Was nutzt uns VSP, insbesondere die erweiterte Version?

Die Vorteile des Verfahrens sind erstaunlich, weit erstaunlicher, als sich auf den ersten Blick vermuten läßt:

- 1) Es erlaubt die genaue Zuordnung der seismischen Signale zu den durchteuften und mittels Kernbohrungen und Logging präzise bestimmten geologischen Schichtgrenzen. Damit wird es zum idealen Verbindungsglied zwischen den seismischen Sektionen des Umfeldes und den geologischen Fakten, wie sie eine nach allen Regeln der Bohrlochgeophysik bearbeitete Tiefbohrung offenlegt.
- 2) Multiple Reflexionen werden zweifelsfrei als solche erkannt und den Erzeugern zugeordnet, sofern letztere nicht unterhalb der Bohrlochsohle (= tiefste Sondenposition) liegen. Die Multiple in den Figuren 2 und 3b verdeutlicht den Sachverhalt. Sie demonstriert ferner, daß Multiple von relativ oberflächennahen Horizonten nicht die gesamte Auslage beeinträchtigen.
- 3) Auch die Identifizierung von Scherwellen ist durch Verwendung von Mehrkomponenten-Geophonen unschwer möglich.
- 4) Der störende Einfluß der Verwitterungszone wird umgangen, statische Korrekturen ergeben sich eindeutig aus den Laufzeiten der direkten Welle.
- 5) Absorptionseinflüsse, Transmissionsverluste und Peg-Leg-Multiple sind weniger stark als bei konventionellen Messungen, so daß eine hohe Signalauflösung zu erwarten ist.
- 6) Die hohe Genauigkeit bei der Ermittlung von Amplituden und Signalformen ermöglicht die Verbesserung der von der Erdoberfläche aus gemessenen seismischen Profile im umgebenden Meßgebiet: Verfahren wie Real-Amplitude-Processing, Wavelet-Processing und Absorptionsanalyse werden durch VSP-Daten abgesichert.
- 7) Es ermöglicht eine präzise Erfassung des Geschwindigkeitsfeldes in allen Azimuten, was für ein 3D-Processing von großer Bedeutung ist.
- 8) Anders als ein synthetisches Seismogramm enthält ein Vertikales Seismisches Profil auch die Reflexionen an Schichtgrenzen unterhalb der Bohrlochsohle. Mit Hilfe sogenannter Pseudo-Impedance-Logs (Details siehe (2)) kann selbst für diese Schichtgrenzen die Schallhärte bestimmt werden.

Setzt man voraus, daß das Umfeld einer Tiefbohrung für den Erdölgeologen à priori ein besonders interessantes Stückchen Kruste darstellt, dann eröffnet VSP die Möglichkeit zu einer hochdifferenzierten Detailuntersuchung, der alle oben zusammengestellten Vorteile voll zugute kommen.

Das Beispiel, das wir behandeln wollen, betrifft den zuletzt genannten Sachverhalt, also Punkt 8: Vermessung der Schichtgrenzen unterhalb der Bohrlochsohle. Wir wählen die Multi-Offset-VSP-Methode, nicht nur der Segnungen einer verbesserten Redundanz wegen. Vorab:

## How useful is VSP, in particular the multi-offset version?

The advantages of the technique are astonishing:

- 1) It allows the seismic signals to be tied exactly to the geological interfaces identified from core drilling and logging. As a result it forms the ideal connection between the seismic sections in the vicinity of a borehole and the geological facts as obtained from well geophysics.
- 2) Multiple reflections can be positively identified together with the horizons of origin (as long as the latter are not below the deepest sonde position). The behaviour is made clear by the multiple in figures 2 and 3b. Moreover, it is seen that multiples from relatively shallow horizons do not impair the whole spread.
- 3) Application of multi-component geophones allows easy identification of shear waves.
- 4) The disturbing effect of the weathering layer is avoided, static corrections can be unambiguously derived from the traveltimes of the direct wave.
- 5) A better resolution can be expected as absorption, transmission losses and peg-leg multiples are less pronounced than in conventional surveys.
- 6) Highly accurate determination of amplitudes and signal forms enables an improvement in the seismic sections surveyed from the surface in the area; VSP data safeguards against errors in techniques such as real amplitude processing, wavelet processing and absorption analysis.
- 7) It enables the velocity distribution in all azimuths to be exactly acquired; this is particularly important for 3D processing.
- 8) Contrary to a synthetic seismogram a vertical seismic profile contains reflections also from interfaces below the well bottom. Even for these interfaces the acoustic impedance can be determined using so-called pseudo-impedance logs (for details see (2)).

Assuming the area surrounding a borehole is of particular interest regarding prospection, then VSP presents an opportunity for making a detailed investigation taking advantage of all the above plus points.

The example we want to deal with concerns point 8: investigation of interfaces below well bottom. The multi-offset VSP method was chosen not only because of its better redundancy. To begin with:

## A word about raypath geometry, 'normal' VSP compared with multi-offset VSP

It is obvious that a survey configuration as shown in figure 1 produces a long coverage only when:

- ▷ the lateral offset of the source is sufficiently large and
- ▷ the receiver is located at several depths (or several receivers are used).

Figure 4a shows the basic possibilities of this simple VSP configuration together with its weaknesses: the geometry and lengths of coverage depend in a complicated way on the seismic velocities as well as on the depths and dips of the interfaces. With the receiver configuration in our example, the reflection points move by varying amounts from right to

**Ein Wort zur Geometrie der Strahlenwege, hier VSP – dort Multi-Offset-VSP**

Es liegt nahe, daß eine Meßkonfiguration wie die in Figur 1 dargestellte nur dann zu einer größeren Überdeckungsbreite führt, wenn wir

- ▷ den seitlichen Offset der Senderposition ausreichend groß wählen und
- ▷ den Empfänger in mehreren Tiefenpositionen einsetzen (oder mehrere Empfänger benutzen).

Figur 4a zeigt, neben den prinzipiellen Möglichkeiten dieser einfachen VSP-Konfiguration, auch deren Schwächen: Die Überdeckungsgeometrie und -breite hängt in komplizierter Weise von den seismischen Geschwindigkeiten sowie der Tiefe und Neigung der Schichtgrenzen ab. Bei der in unserem Beispiel gewählten Empfängerkonfiguration wandern die Reflexionspunkte bei zunehmender Schichttiefe und -neigung unterschiedlich weit von rechts nach links, fallen im Bereich des mittleren Reflektors in einem Punkt zusammen und verlaufen auf dem unteren Reflektor sogar gegensinnig, was zu extrem unterschiedlichen Überdeckungsbreiten führt.

Ein gänzlich anderes Bild erhalten wir bei Verwendung von mehreren Quellen längs einer Linie aufgereiht oder flächenhaft um die Bohrung verteilt und nur einer Empfängerposition. Figur 4b zeigt einen wesentlich übersichtlicheren Strahlenverlauf. Darüber hinaus nimmt die Überdeckungsbreite mit zunehmender Tiefe stetig zu. Das Multi-Offset-VSP – und darum handelt es sich in Figur 4b – ist für Strukturuntersuchungen somit gut geeignet. (Bei praktischen Messungen sollten Maßnahmen gegen die Multiplen der direkten Welle und gegen die bei größeren Offsets auftretenden Scherwellen getroffen werden. Bei geeigneter Wahl der Meßparameter können diese Störeinflüsse bei der Datenverarbeitung unterdrückt werden. In erster Linie empfiehlt es sich, mit mehr als nur einer Empfängerposition zu arbeiten.)

left with increasing layer depth and dip. On the middle reflector the reflection points coincide at a single point, and on the bottom reflector they finally run in the opposite direction, a phenomenon which leads to extremely varying lengths of coverage.

A completely different picture is obtained when using several sources positioned along a line or areally around a borehole and only one receiver position. Figure 4b shows the substantially clearer raypaths. Moreover, the length of coverage increases steadily with increasing depth. The multi-offset VSP – and that is what figure 4b is all about – is therefore particularly suitable for structural investigations. (In practice, measures should be taken against multiples of the direct wave and shear waves occurring at larger offsets. Selection of suitable field parameters enables data processing to attenuate these disturbing influences. Above all more than one receiver position is recommended.)

**Fig. 4**  
*Abhängigkeit der Reflexionspunkte von der Sender-Empfänger-Konfiguration bei den vorgegebenen Reflektortiefen und -neigungen.*

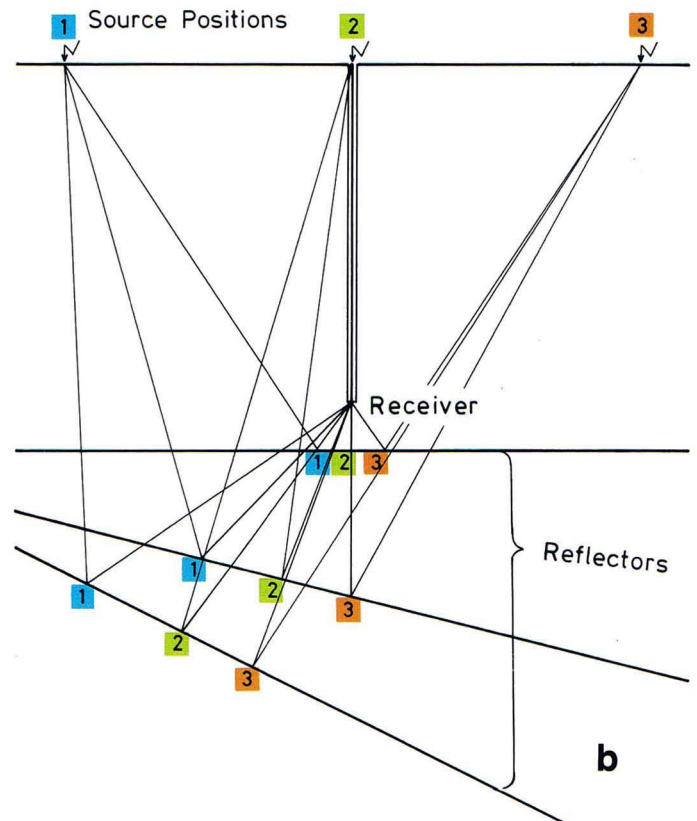
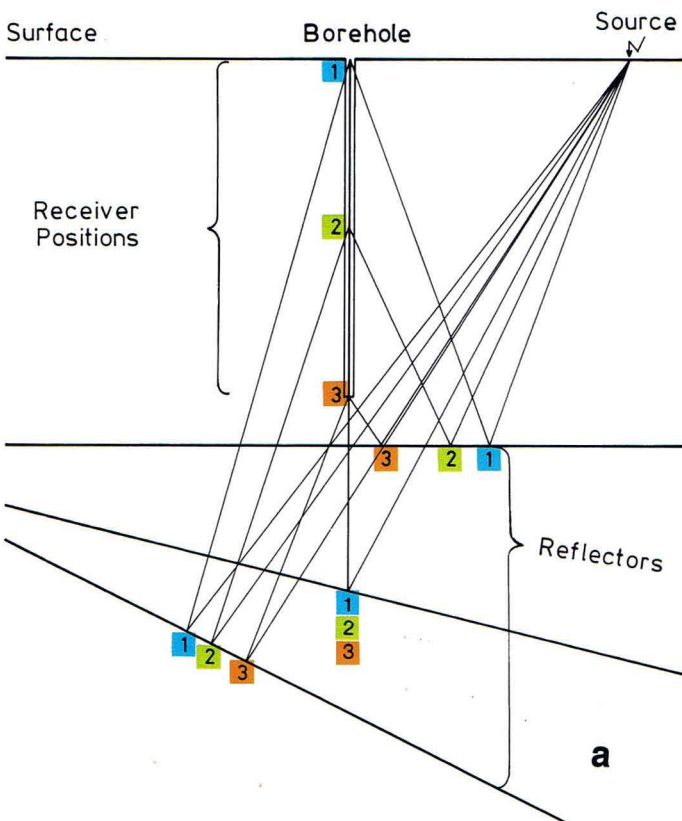
a) 'normales' VSP: Es kommt zu Überschneidungen der Reflexionspunkte und im Mittelbereich zu einer Schrumpfung der Überdeckungsbreite auf einen Punkt.

b) Multi-Offset-VSP: Überschneidungen kommen nicht vor. Die Überdeckungsbreite nimmt mit zunehmender Tiefe zu.

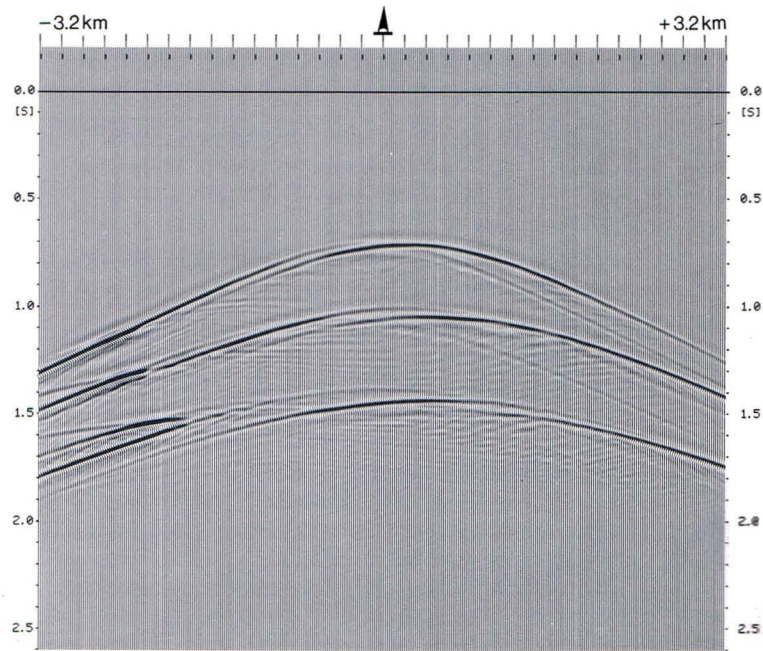
*Dependence of reflection points on source-receiver layout with given reflector depth and dips.*

a) 'normal' VSP: the reflection points cross, and on the middle reflector the length of coverage is reduced to a single point.

b) multi-offset VSP: reflection points do not cross. The length of coverage increases with depth.



**Fig. 6**  
**Multi-Offset-VSP, errechnet aus dem Modell in Fig. 5**  
**Multi-offset VSP derived from the model in Fig. 5**



**Ein Programm auf dem Prüfstand**

Programme lassen sich auf zweierlei Weise testen: einmal mit synthetischen Daten im Modell, zum anderen unter den gewiß härteren Bedingungen der Praxis. Das Verfahren, das wir hier anhand synthetischer seismischer Spuren erläutern wollen, hat seine Feldtauglichkeit schon unter Beweis gestellt (worüber wir an anderer Stelle berichten werden).

**Das Modell**

Figur 5 zeigt den Vertikalschnitt durch das von uns gewählte geologische Modell. Die drei Reflektoren sind durch die Aufreihung seismischer Signale dargestellt. Geschwindigkeitsverteilung, Lage der Tiefbohrung und der Sonde gehen aus der Figur hervor. Denken wir uns an der Erdoberfläche in Abständen von 20 m seismische Impulse abgestrahlt, an den Horizonten reflektiert und von der Bohrlochsonde aufgenommen, so erhalten wir die VSP-Zeitsektion der Figur 6. Soweit die Vorgabe. Zur Rekonstruktion des Modells aus dieser Sektion kommen verschiedene Rechenverfahren in Frage:

**A program put to the test**

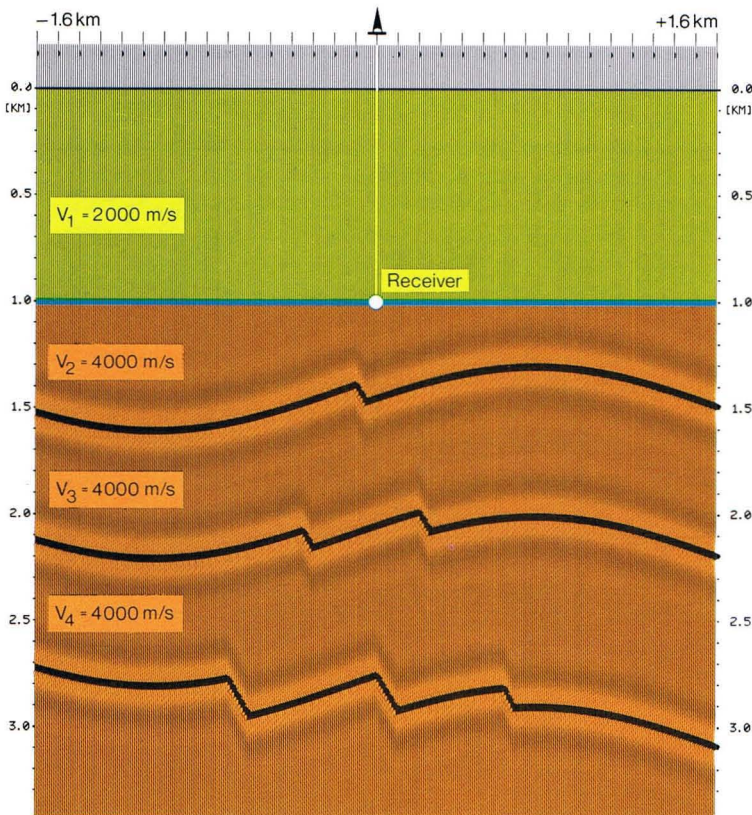
Programs can be tested in two ways: either with synthetic data in a model or under the more severe conditions in the field. The method described here with the help of synthetic seismic traces has already proved its field suitability (more on that elsewhere).

**The Model**

Figure 5 shows the cross-section through the selected geological model. The three reflectors are represented by the lining up of seismic signals; other important information is given in the figure. Now, imagine seismic pulses being emitted at the surface every 20 metres, reflected at the horizons and recorded by the borehole receiver. This would produce the VSP time section of figure 6. So much is supplied. To reconstruct the model from this section various processing techniques have to be considered:

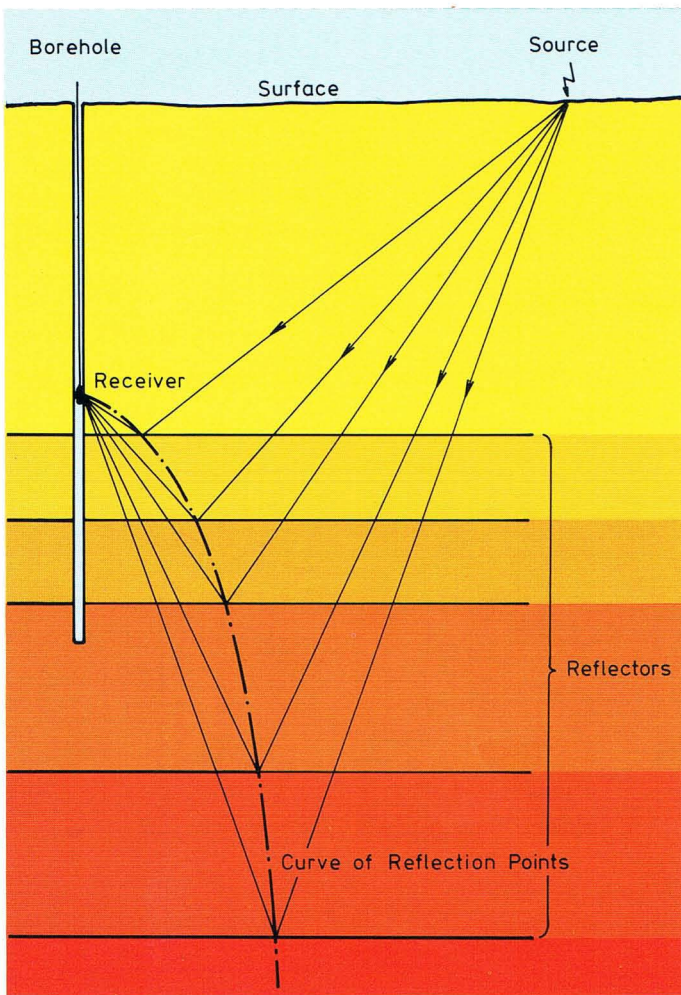
**1. 'Reflection-Point Scanning', an Approximation Method**

The technique assumes horizontal layering. From this premise a dynamic travelttime correction is made and then the signals are shifted horizontally to the calculated abscissae of the reflection points. In effect, the signals change their traces. This procedure is necessary as the reflection points from horizons immediately below the receiver are very near the borehole axis, whereas for larger traveltimes (i.e. deeper horizons) they asymptotically approach the centre between source and receiver abscissae, that is they move away from the borehole axis. (This is shown in figure 7.) The above mentioned horizontal shifting establishes the true length of the horizons covered; this naturally compresses the reflectors near the receiver more than those further away (fig. 8). Figure 9 is obtained after depth conversion. Despite a certain amount of agreement between this result and the model of figure 5 the indistinct fault edges and the lateral displacement of the dipping blocks give cause for complaint.



**Fig. 5**  
**Geologisches Modell, dargestellt in Form einer seismischen Sektion**  
**Geological model presented in form of a seismic section**

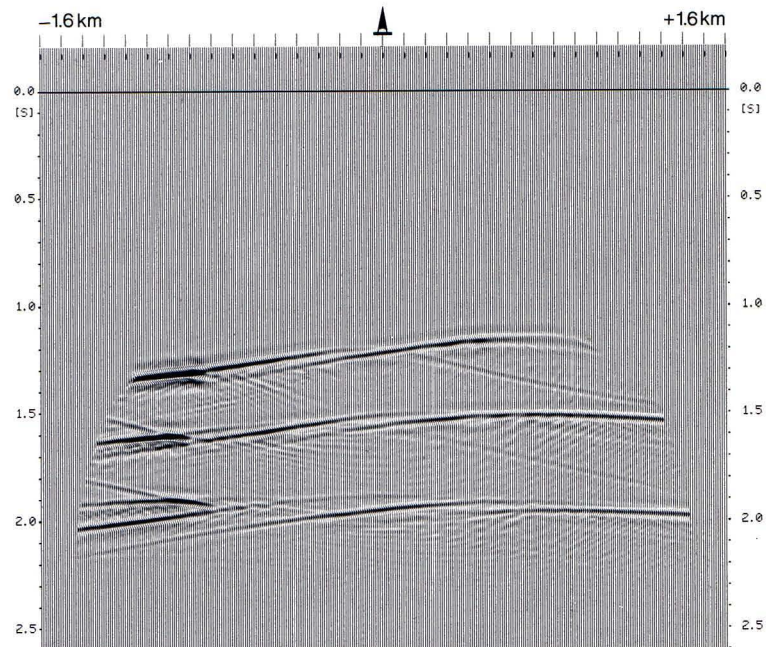




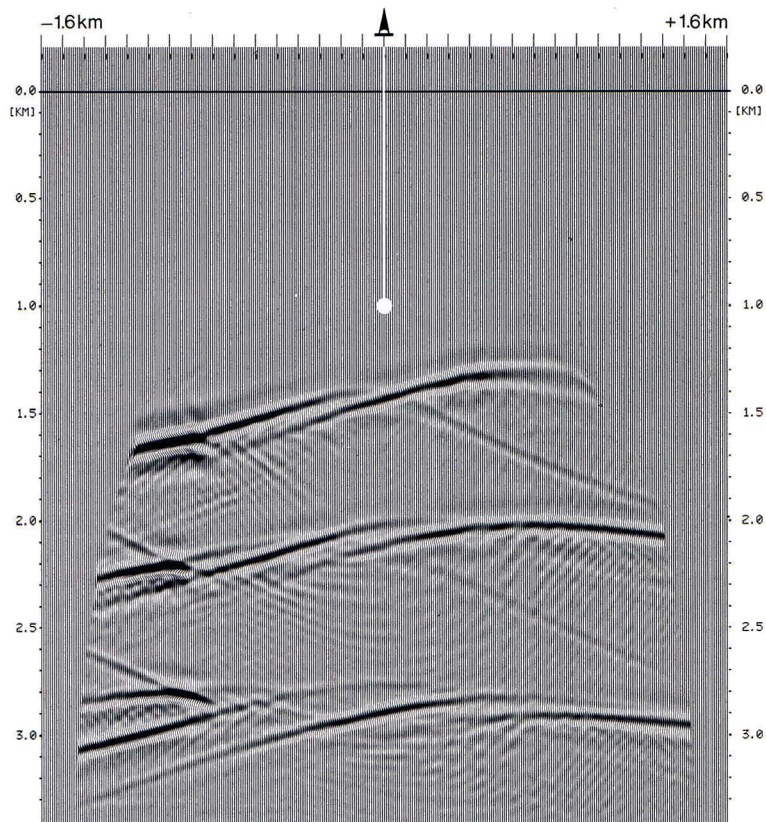
**Fig. 7**  
*Abhängigkeit des Reflexionspunktes von der Reflektortiefe bei söh-  
 liger Lagerung*  
*Relationship between reflection point and reflector depth for hori-  
 zontal layering*

**1. 'Reflexionspunkt-Rasterung', eine Näherungsmethode**

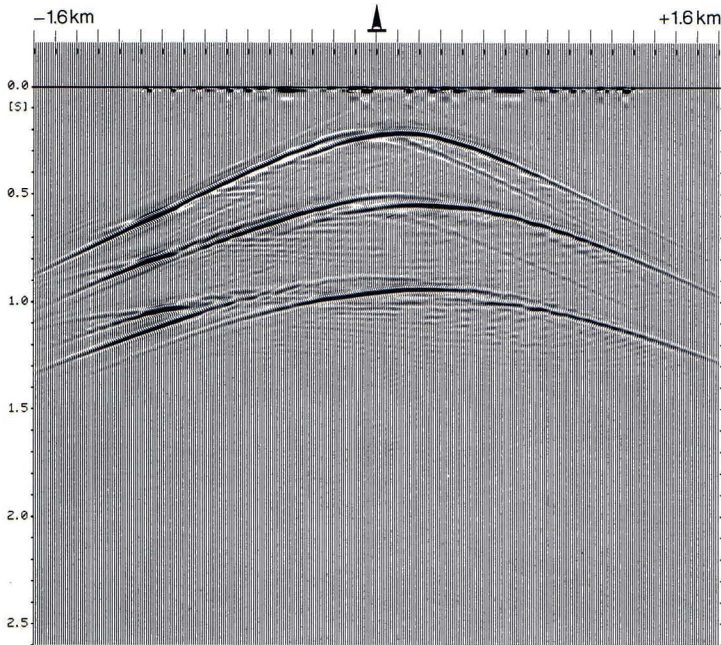
Das Verfahren setzt näherungsweise söhlige Horizontlage-  
 rung voraus. Unter dieser Prämisse wird eine dynamische  
 Laufzeitkorrektur vorgenommen, danach die Signale in hori-  
 zontaler Richtung zu den berechneten Abszissen der Refle-  
 xionspunkte hin verschoben. Die Signale wechseln sozusagen  
 ihre Spuren. Diese Prozedur ist nötig, weil bei den Hori-  
 zonten dicht unterhalb der Bohrlochsonde die Reflexions-  
 punkte sehr nahe an der Bohrlochachse liegen, während sie  
 sich bei größeren Laufzeiten (= tieferen Horizonten) asymp-  
 totisch der Mitte zwischen den Sender- und Empfängerab-  
 zissen nähern, also von der Bohrlochachse wegrücken. (Fig-  
 ur 7 zeigt diesen Sachverhalt.) Die Horizonte werden durch  
 die genannte Verschiebung auf die tatsächlich abgetasteten  
 Strecken reduziert, was naturgemäß für sondennähere Hori-  
 zonte eine stärkere Einengung bedeuten muß als für son-  
 denfernere (Fig. 8). Nach Umrechnung der Laufzeiten in Tie-  
 fen erhalten wir Fig. 9. Vergleichen wir dieses Resultat mit  
 unserem Modell in Fig. 5, so stellen wir zwar eine gewisse  
 Übereinstimmung fest, haben aber zu bemängeln, daß die  
 Störungskanten unscharf dargestellt und die geneigten  
 Schollen seitlich verschoben sind.



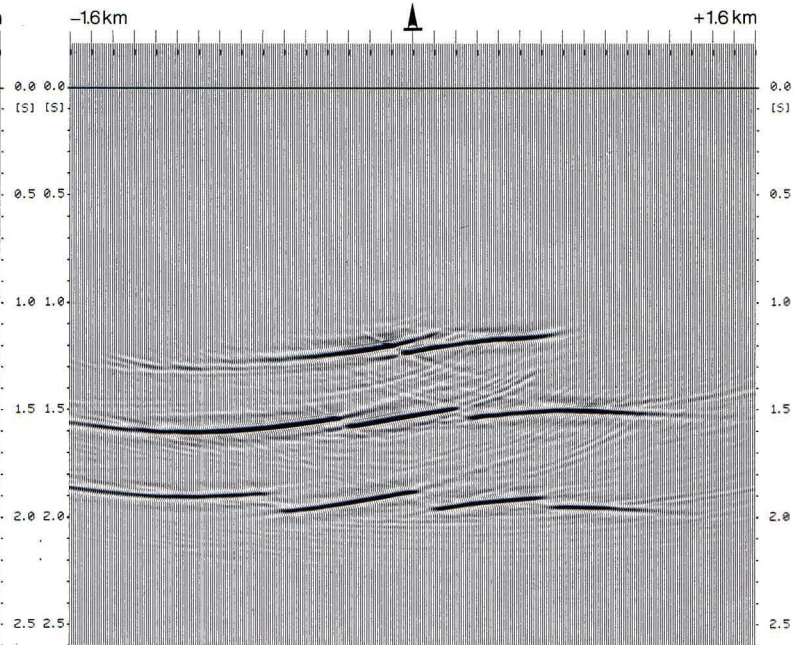
**Fig. 8**  
*Reflexionspunkt-Rasterung der Spuren von Fig. 6*  
*Reflection-point scanning of traces in Fig. 6*



**Fig. 9**  
*Ergebnis der Tiefenwandlung von Fig. 8*  
*Depth conversion of Fig. 8*



**Fig. 10**  
*Die durch rechnerische Tieferlegung der seismischen Quellen in das Niveau des Empfängers ermittelte Zeitsektion*  
*Time section obtained after source positions are mathematically lowered to the receiver level*

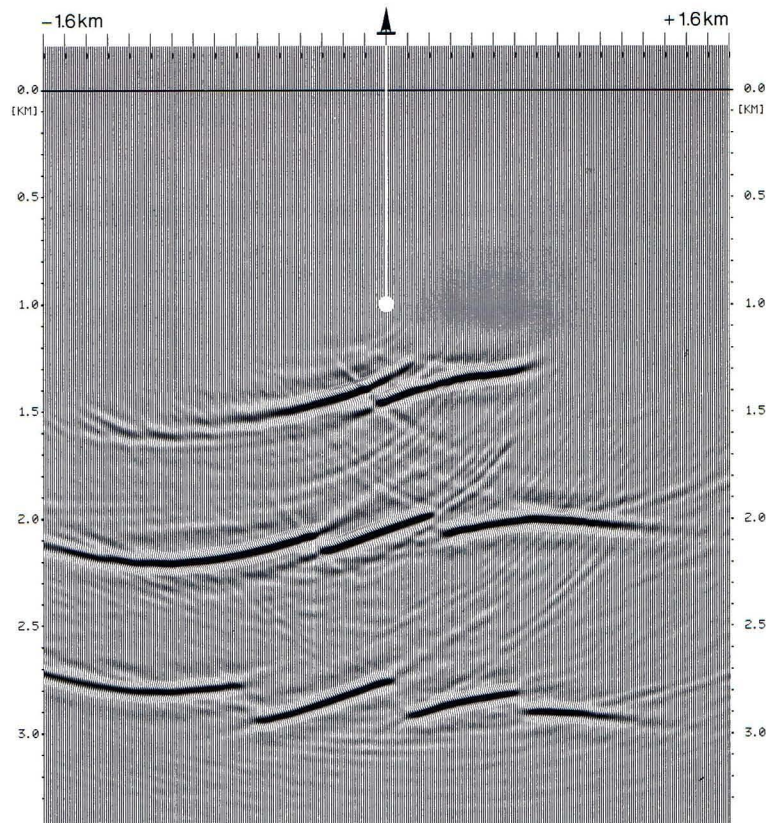


**Fig. 11**  
*Ergebnis der seismischen Abbildung (Kirchhoff-Migration) von Fig. 10*  
*Seismic imaging (Kirchhoff migration) of Fig. 10*

## 2. Rekonstruktion nach dem Kirchhoff-Verfahren

Diese Methode ist genauer als die zuerst beschriebene. Die Abbildung kann in einem Schritt durchgeführt werden, berechnet man für jeden Untergrundpunkt die theoretische Laufzeit einer dort diffraktierten Welle aus den Koordinaten der Meßanordnung und dem zugehörigen Geschwindigkeitsgesetz. Bei großen Geschwindigkeitsunterschieden in Abhängigkeit von der Tiefe sind die Laufzeitkurven für eine solche direkte seismische Abbildung jedoch sehr schwierig zu berechnen. Um diese Schwierigkeit zu reduzieren, führen wir die Prozedur besser in zwei Schritten durch: Im ersten Schritt werden die Positionen der seismischen Quellen von der Erdoberfläche bis in das Niveau des Empfängers heruntergerechnet. Aus dem gemessenen Wellenfeld wird also jenes Wellenfeld ermittelt, das angeregt würde, befänden sich die seismischen Quellen im Niveau des Empfängers. Dabei haben wir nur die Geschwindigkeiten im Hangenden zu berücksichtigen. Das Ergebnis dieser Operation ist in Figur 10 dargestellt. Die Laufzeiten sind jetzt wesentlich kürzer als in Figur 6, die Scheitelkrümmungen der Laufzeitkurven entsprechend schärfer.

Der zweite Schritt besteht in einer seismischen Abbildung (Migration), bei der nur die Geschwindigkeiten unterhalb des Empfängerniveaus zu berücksichtigen sind. Das Ergebnis dieser Abbildung und einer statischen Niveau-Korrektur – durchzuführen wegen der Abweichung des Empfängerniveaus vom Bezugsniveau – ist in Figur 11 dargestellt.



**Fig. 12**  
*Ergebnis der Tiefenwandlung von Fig. 11*  
*Depth conversion of Fig. 11*

Durch Umrechnung der Laufzeiten von Figur 11 in Tiefen entstand Figur 12. Diese Sektion weist, besonders was die beiden tieferen Horizonte betrifft, eine relativ gute Übereinstimmung mit dem vorgegebenen Modell auf. Als geometrisch bedingte Einschränkungen sind zu nennen:

- Die Reflektoren können nur für einen begrenzten Winkelbereich unterhalb des Empfängers rekonstruiert werden.
- Die Störungsflächen werden nicht erfaßt, ihre Neigungswinkel sind zu groß; die Störungskanten jedoch treten deutlich in Erscheinung.

## Resümee

Es war unsere Absicht, aufzuzeigen, wie sich aus den Ergebnissen von Messungen, durchgeführt mit einer Bohrlochsonde und einer entlang der Erdoberfläche wandernden Energiequelle, kleinräumige geologische Strukturen rekonstruieren lassen.

Die zweite der beschriebenen Rekonstruktionsmethoden stellt eine Umkehrung des Verfahrens dar, nach dem die synthetischen Spuren von Figur 6 berechnet wurden. Die Ergebnisse zeigen, daß unter den zugrunde gelegten mathematischen Voraussetzungen eine scharfe Auflösung bei der Abbildung der reflektierenden Strukturen möglich ist. Das zuerst behandelte Näherungsverfahren 'Reflexionspunkt-Rasterung' erbrachte zumindest eine Annäherung an die vorgegebene Struktur der Reflektoren. (Auch ein hier nicht gezeigter Rekonstruktionsversuch mit Hilfe eines interaktiven Wellenfront-Processing nach Marschall et al. (3) führte zu relativ guten Ergebnissen.)

Es sei zugegeben: Die beschriebenen Modellrechnungen beruhen auf mehr oder weniger stark vereinfachende physikalische Voraussetzungen. Inwieweit sich multiple Reflexionen, Absorption, Störwellen und andere hier nicht berücksichtigte Effekte auswirken, kann nur durch Feldmessungen und an Labor-Modellen überprüft werden. Die bisher erfolgte praktische Anwendung des Multi-Offset-VSP-Verfahrens, wozu im erweiterten Sinn auch das von Rüter et al. (4) geschilderte Verfahren zählt, läßt den eingeschlagenen Weg als gangbar und vielversprechend erscheinen.

## Literatur

- (1) MÜLLER, G., TEMME, P.; 1982  
Numerical Simulation of Vertical Seismic Profiling  
Journal of Geophysics, Vol. 50, S. 177 – 188
- (2) PRAKLA-SEISMOS Information No. 5; 1977
- (3) MARSCHALL, R., NEUMANN, R., SATTLEGGGER, J., HOLLING, M.; 1983  
Locating Structures by Interactive Wave Front Processing  
53. Jahrestagung SEG, Las Vegas
- (4) RÜTER, H., KÖHLER, K., ARNETZL, A.; 1979  
Possibilities to use vertical geophone arrays (CVA) in reflection seismology  
41. Jahrestagung EAEG, Hamburg

## 2. Reconstruction using the Kirchhoff Method

This method is more accurate than the above. The seismic image can be completed in one step by calculating the theoretical traveltimes of the diffracted wave from each sub-surface point using the coordinates of the survey arrangement and the relevant velocity function. However, the traveltimes curves for obtaining such a direct seismic image are very difficult to determine when large depth-dependent velocity differences are present. To overcome this problem the procedure is done in two steps: the first involves mathematically lowering the seismic source positions from the surface to the receiver level. A wave field is determined from the measured one, which would be generated if all the seismic sources were located at the receiver level. Only the velocities in the upper layers have to be considered. The result of this operation is given in figure 10. The traveltimes are distinctly shorter than those in figure 6 and the curvatures are more acute.

The second step is seismic imaging (migration). Only the velocities below the receiver level are taken into account. The result of this procedure and of a static correction – necessary because receiver level and datum level are not the same – is presented in figure 11.

Figure 12 shows the depth conversion of figure 11. This section exhibits relatively good agreement with the model, especially as far as the two deeper horizons are concerned. Two limitations caused by geometry should be mentioned:

- The reflectors below the receiver can be reconstructed only for limited angles.
- The fault planes cannot be picked up as their dips are too large; the fault edges, however, show up clearly.

## Résumé

In the above we have attempted to show how smaller geological structures can be reconstructed from the results of surveys carried out with a borehole receiver and a moving surface source. The second reconstruction technique described represents the reverse of the method used for constructing the synthetic traces of figure 6. The results show that with the mathematical assumptions it is possible to obtain good resolution of the reflecting structures. Reflection-point scanning, the first method discussed, has produced at least an approximation of the model structure. (A reconstruction attempt using interactive wavefront processing after Marschall et al. (3) – not described here – has also led to useable results.)

The described model calculations are based admittedly on simplified physical assumptions. The effects which multiple reflections, absorption, noise, etc. would have can be checked only by field surveys and on laboratory models. Practical applications of the multi-offset VSP method (in a general sense the procedure discussed by Rüter et al. (4) may be included here) indicate that the followed direction is practicable and promising.



*Unser Areal im Freigelände. Die Hauptexponate: Wasserwagen, Bohranlagen 3002 (Seismik) und RB 50 (Brunnenbau)*

*Our area in open air. The main exponents: Water truck, drilling rigs 3002 (seismic) and RB 50 (well drilling)*

# PRAKLA-SEISMOS auf der Hannover-Messe 1984

Die Frage mag erlaubt sein, was unsere Gesellschaft dazu bewog, auf der Hannover-Messe auszustellen, einer Messe, die sicherlich für viele Branchen interessant, ja lebenswichtig ist, ganz bestimmt jedoch nicht für ein Geophysikunternehmen unseres Zuschnitts. Und gleichwohl gibt es triftige Gründe, die für eine Teilnahme sprechen.

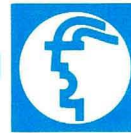
Unsere Tochtergesellschaft PRAKLA-SEISMOS Geomechanik in Uetze baut seit Jahren neben Bohranlagen zum Niederbringen seismischer Schußlöcher auch vollhydraulische, fahrbare Bohrgeräte für Aufschlußarbeiten, insbesondere für Brunnenbohrungen. Zunächst nur für den eigenen Bedarf gedacht, sahen wir uns bald in der Lage, diese Geräte auch an Dritte zu verkaufen. Da auf der Hannover-Messe die deutschen Hersteller von Bohranlagen regelmäßig vertreten

Dr. W. Most

## **PRAKLA-SEISMOS at the Hannover Trade Fair 1984**

One may ask what prompted us to exhibit at the Hannover Trade Fair, a fair which for many lines of business is surely interesting, even vital, but not for a geophysical company. All the same there are valid reasons for exhibiting.

Besides rigs for drilling seismic shotholes our subsidiary PRAKLA-SEISMOS Geomechanik in Uetze has for years been manufacturing fully hydraulic mobile drilling rigs for exploration work, especially for water-well drilling. Although originally meant for our own requirements we were soon in



**Eine elektrisch angetriebene Schlauchtrommel mit ca. 200 m Schlauch à 2", daneben die Bohrgeräte 3002 und RB 50**  
**An electrically driven hose drum with c. 200 m hose (2") alongside the rigs 3002 and RB 50**

sind, war zu erwarten, daß wir uns in bester Gesellschaft befinden. Stimulierend wirkte ein in diesem Jahr von der Messegesellschaft neu geschaffener Ausstellungsweig: das Internationale Zentrum für Anlagenbau, Verkehr, Bau und Umwelttechnik (ICA) mit der Unterabteilung Bohrtechnik.

Soweit die Gründe für unseren Entschluß, 'in die Vollen zu gehen'. Auf dem Freigelände (Ecke Lübecker/Bochumer Straße) mieteten wir 360 m<sup>2</sup> Gelände an und stellten folgende Exponate aus:

- ▷ Eine Bohranlage RB 50 für Brunnenbohrungen bis zu ca. 1000 m Tiefe; ein imposantes Gerät mit einer maximalen Turmhöhe von 17 m und einer zulässigen Hakenlast von 50 Tonnen.
- ▷ Eine Bohranlage vom Typ 3002 für den Seismikbereich (– vielleicht verirrte sich doch ein Geophysik-Interessent auf unseren Stand –), die u. a. auch für Kernbohrungen eingesetzt werden kann.
- ▷ Ein Wasserwagen zur Bohrstellenversorgung (Unimog; Tankkapazität 2400 l)
- ▷ Eine elektrisch angetriebene Schlauchtrommel mit ca. 200 m 2"-Schlauch für Pumptests und für Brunnenentwicklung.
- ▷ Eine Spülbohrausrüstung in Leichtbauweise (Aluminium)
- ▷ Ein Drehgetriebe und ein Zentralverteilergetriebe
- ▷ Bohrgestänge mit 76 mm Durchmesser aus Aluminium

Als Besprechungsräume dienten zwei gemütlich eingerichtete Trailer, einer davon ausgestattet mit einer kleinen, abgetrennten Küche.



**Der 17 m hohe Turm der Brunnenbohranlage RB 50**  
**The 17 m mast of the well-drilling rig RB 50**

the position to sell this equipment to other companies. As the German drilling rig manufacturers are regularly represented at the Hannover Fair we expected to find ourselves in good company. Moreover, a newly created exhibition branch motivated us to participate: the International Centre for Plant Engineering, Transport and Traffic, Construction and Environmental Technology (ICA), with the sub-division Drilling Engineering.

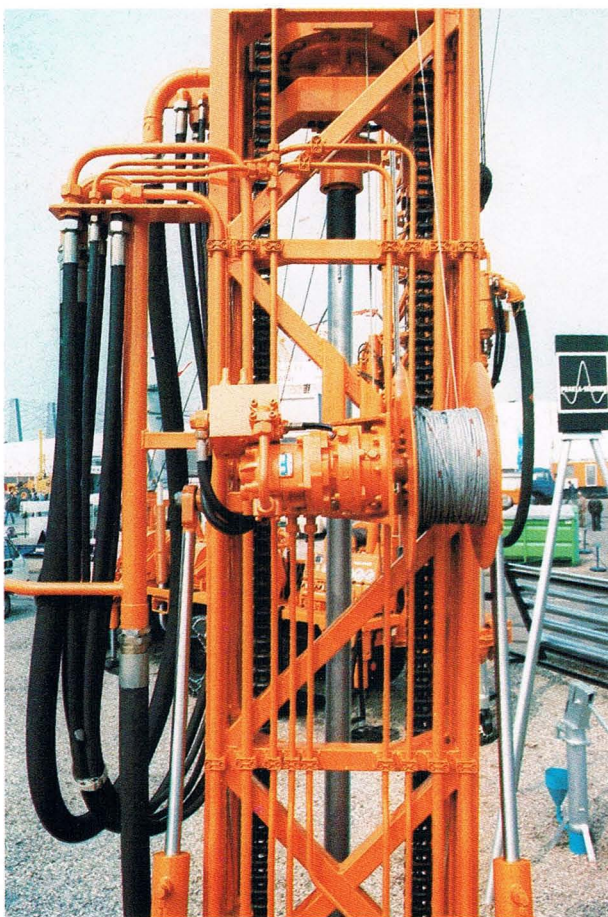


**Das Zentralverteilergetriebe der Bohranlage 3002**  
**The central gearing for power distribution of rig 3002**

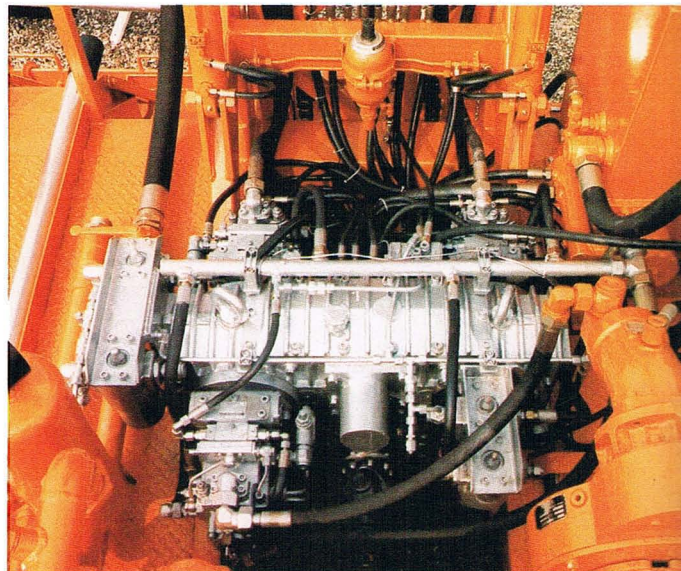
Obwohl es der Wettergott nicht gut mit uns meinte – von Schneeregen bis zu böigen Winden fehlte wirklich nichts – konnten wir mit dem Andrang der Interessenten hochzufrieden sein. Auch prominente Besucher erwiesen uns die Ehre, darunter:

- eine Delegation aus Senegal mit dem Wasserwirtschaftsminister an der Spitze,
- der Bonner Botschafter Kenias, und
- Wilfried Hasselmann, stellvertretender niedersächsischer Ministerpräsident und niedersächsischer Minister für Bundesangelegenheiten.

Viele Kontakte mit alten Kunden konnten gepflegt oder wiederhergestellt werden, neue Kontakte wurden geknüpft. Das erfreuliche Echo, das wir als Newcomer erfuhren, ermutigt uns, auch in den nächsten Jahren auf der Hannover-Messe präsent zu sein.



**Die Schönheit liegt oft im Detail.**  
**Turmausschnitt der Bohranlage 3002.**  
**Technical aesthetics often lies in the details.**  
**Part of the 3002 rig mast.**



So much for our reasons for 'going the whole hog'. We rented a 360 m<sup>2</sup> open-air exhibition area (corner of Lübecker/Bochumer Straße) and presented the following exponents:

- ▷ A drilling rig **RB 50** for wells up to c. 1000 m deep; an imposing piece of equipment with a 17 m mast and a permitted lifting capacity of 50 tons.
- ▷ A drilling rig **type 3002** for seismic duties, which, amongst others, can also be used for core drilling.
- ▷ A **water truck for drill-site supply** (Unimog, 2400 l tank capacity).
- ▷ An **electrically driven hose drum** with c. 200 m of 2" hose for pump tests and well development.
- ▷ **Light-weight flushing equipment** (aluminium).
- ▷ A **power swivel and a central gearing for power distribution**.
- ▷ **Drill tubing** in aluminium with 76 mm diameter.

Two cosily furnished trailers served as conference rooms, one equipped with a small, separated kitchen.

Although the weather wasn't on our side – nothing was missing from sleet to gusty winds – we could be well satisfied with the interest shown. Even prominent visitors paid us the honour, among them:

- a delegation from Senegal, headed by the Minister of Water Affairs,
- the Kenyan Ambassador to Bonn, and
- Wilfried Hasselmann, Vice-President of the Cabinet Council for Lower Saxony and Lower Saxony Minister for Federal Affairs.

Many contacts with long-standing customers could be kept up or re-established and new contacts made. The encouraging response which we experienced as a newcomer is reason enough for us to exhibit at the Hannover Trade Fair in the future.

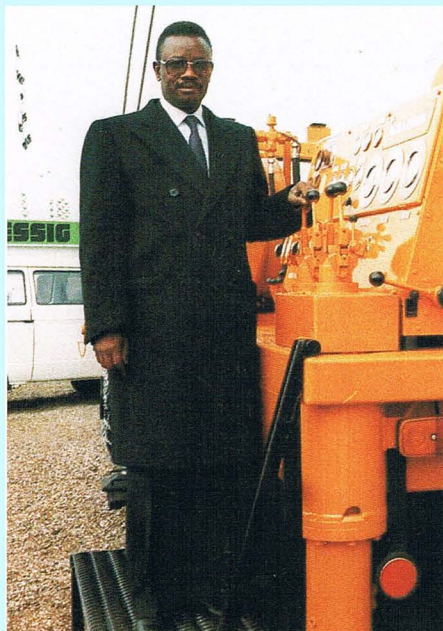


*Der stellvertretende niedersächsische Ministerpräsident und Minister für Bundesangelegenheiten W. Hasselmann (Mitte) läßt sich von G. Eyssen (rechts) das Zentralverteilergetriebe erklären. Links im Bild der Autor unseres Artikels, Dr. W. Most. The Vice-President of the Cabinet Council for Lower Saxony and Minister for Federal Affairs W. Hasselmann (centre) listens to G. Eyssen (right) explaining the power distribution. The author of this article, Dr. W. Most, is on the left.*

**Prominente Besucher – Delegationen  
Prominent Visitors – Delegations**

*Der in Bonn residierende Botschafter von Kenia, Exzellenz Maurice P. Omwony (dritter von rechts) und Ehefrau, besichtigen zusammen mit dem Handelsattaché unsere Exponate.*

*The Kenyan Ambassador to Bonn, His Excellency Maurice P. Omwony (third from right) and wife, together with the Trade Attaché, visit our exponents.*



*Minister Yela Diop (Senegal) auf der Arbeitsbühne der Bohranlage RB 50  
Minister Yela Diop (Senegal) on the RB 50 work platform*



*Eine Delegation aus dem Senegal.  
Von links: M. Yela Diop, Ministre de l'Hydraulique; (H. Datzko); M. Bocar Cissé, Directeur de la Direction de l'Hydraulique Rurale; Mitarbeiter von M. Bocar Cissé; (E. Zenke und J. Reichelt)  
A Senegalese delegation.  
From left: M. Yela Diop, Ministre de l'Hydraulique; (H. Datzko); M. Bocar Cissé, Directeur de la Direction de l'Hydraulique Rurale; Colleague of M. Bocar Cissé; (E. Zenke and J. Reichelt)*

Fotos: J. Henke, H. Pätzold

# Truppleitertreffen 1984

G. Keppner

Das alljährliche Truppleitertreffen, stets im Frühjahr abgehalten, ist längst zur Institution geworden. 1984 fand es vom 12. bis 14. März statt. Die Geschäftsführung hatte für diese und vergleichbare Veranstaltungen mehrere Räume im Erdgeschoß zu einer Einheit zusammenlegen und zweckmäßig ausrüsten lassen, wobei auch die Möglichkeit von Bildschirmdemonstrationen zu berücksichtigen war. Der neue 'Seminarraum' ist einen entscheidenden halben Meter höher und auch deutlich größer als die vorher ge-

nutzte Räumlichkeit, was dem starken Andrang sehr zugute kam.

Seit 1978 ist Tradition, die Vorträge gesammelt in 'Truppleitertagungs-Ordnern' herauszugeben und zu verteilen (etwa gleichzeitig mit der vorliegenden REPORT-Ausgabe). Was er für 1984 enthält, finden Sie unten aufgeführt, darunter auch verschiedene Ergänzungen, die über den Rahmen des während des Treffens Gebotenen hinausgehen.

R. Bading:	DEKORP. Seismische Tiefenaufschlüsse in der Bundesrepublik Deutschland	W. Reil, J. Ruffer:	Geodätische Bezugssysteme und Datums- transformation
E. Kreitz:	Erfahrungsbericht über die Messung DE- KORP 1984, Profil 2-Süd (Deutsches Konti- nentes Reflexionsprogramm)	G. Meinicke:	Die Weiterverarbeitung der Felddaten unter dem Organisationssystem DATAPLAN
H. Käter, M. Kornagel, E. Kreitz:	Kombinierte Land- und Flachwassermessun- gen im Europoort von Rotterdam (Case History)	K. Weißensteiner:	MDS-16. Eine Telemetrie-Apparatur mit Fiber- optik-Leitern
M. Kornagel:	Erfahrungsbericht FLUNDER/ROTTERDAM	K.-L. Stange:	Verfahren zur Prüfung der Polarität bei seismi- schen Apparaturen
R. Bursie:	BASPLOT. Darstellung von Felddaten auf HP-Plottern, Programmübersicht HP 9826	H. Arnetzl*):	Sprengseismische Wellenquellen für die Landseismik
I. Nemes:	Kopplungsmöglichkeiten von Tischrechnern mit der VAX-Rechenanlage	Dr. L. Erlinghagen*):	Oberflächennahe und sprengstofflose Wellen- quellen für die Landseismik
R. Fischer:	Forderungen, die eine moderne Landseismik an die Vermessung stellt		
J. Ruffer:	Satelliten-Dopplermessungen. Zielsetzung und Durchführung der Vermessung eines Fest- punktnetzes in unerschlossenem Gebiet		

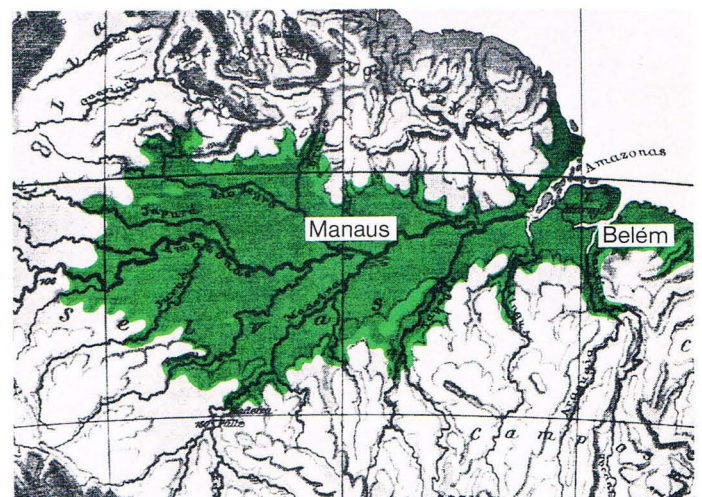
\*) Vorträge, gehalten beim 4. Mintrop-Seminar, Mai 1984 in Neheim-  
Hüsten (Sauerland)

## Unsere 'Brasilianer' trafen sich in Pattensen

J. Thomas, H. Woytalewitz

Es geschah sicherlich während einer Sternstunde, als Frau Fiene und Frau Reinhold auf den Gedanken kamen, alle ehemaligen 'Brasilianer' unserer Gesellschaft, egal ob damals PRAKLA oder SEISMOS, zu einem Wiedersehensfest im Raum Hannover einzuladen. Diese Idee in die Tat umzusetzen, schien weiß Gott nicht einfach. Viele der Ehemaligen sind heute in alle Winde zerstreut. Hartnäckig aber, wie eben nur Frauen sind, gingen unsere Protagonistinnen an die Arbeit, zogen alle Register weiblicher Logik, spürten die Anschriften ihrer Zielpersonen auf – und schafften das Unmögliche.

Eine humor- und verheißungsvolle Einladung war in alle Welt gegangen, und viele, viele kamen. Am 23. Juni dieses Jahres fand das Treffen in Pattensen statt. Ein mit der Flagge Brasiliens und den Insignien unserer Firma ausgestatteter und geschmackvoll eingerichteter Saal bildete den äußeren Rahmen.



**Wenn unsere 'Brasilianer' von Brasilien sprechen,  
meinen sie in erster Linie das Amazonasbecken**





**Frau Fiene begrüßt ihre Gäste.  
Neben ihr sitzen die Co-Organisatorin Frau Reinhold  
und H.-J. Reinhold**



**Frau Assmann, Frau Dankelmann,  
Frau und Herr Meinschien  
und Frau Boie**



**Die Tafel in Pattensen vor dem Ansturm**

Fotos: B. Fiene, Dr. R. Weber

Die Wiedersehensfreude schwappte über. Nicht alle Amazonasritter waren auf Anhieb wiederzuerkennen. 25 Jahre hinterlassen Spuren. Jünger war keiner geworden. Zum Glück sind Wesen, Charakter und Denkart stabiler, erodieren und expandieren nicht so schnell wie Haut, Haare und Bauch und andere, polizeilich beliebte Erkennungsmerkmale. Es dauerte nur ein paar Minuten, dann waren alle wieder die alten. Einige erkannte man eher am Ego denn am Äußeren. Natürlich, so war er! Immer noch das gleiche Temperament, die gleichen Macken, aber alles jetzt viel liebenswerter. Toleranter ist man geworden. Fragen schwirren hin und her: "Was treibst Du jetzt?" Professor ist der eine heute, Regierungsdirektor der andere, Auftraggeber gar der dritte. Man fragt sich durch und staunt.

Die Temperatur im Saale steigt. Dias und Filme werden vorgeführt. Grande surprêsa: es gibt sogar Cachaça. Tropenschwüle kommt auf, und plötzlich sind alle wieder am Amazonas.

Geophysik vor 25 Jahren! Das war doch noch was! Da waren noch Senhoritas mit von der Partie, da wurde noch von Zeit zu Zeit gehungert, und keiner kam auf die Schnapsidee, sich Steaks einfliegen zu lassen. Da war man noch allein auf sich gestellt. Von wegen zweimal täglich Radioverbindung, Fernschreiber, schnell-mal-die-Zentrale-anrufen! Nix da! Nicht am Amazonas!



**Herr und Frau Janda, Frau Fiene in der Mitte**



*Co-Autor J. Thomas*

Wie war das noch im Acre?

Sechs Monate waren die Ein-Mann-Trupps im Urwald unterwegs, ohne jede Verbindung zur Zivilisation, ohne Post, ohne Nachschub. Außer dem Gravimeter, der Flinte, dem Terçado gehörten Hunger und Hoffnung zur Hauptausrüstung. Es durfte einfach nichts schiefgehen, wenn man die Moças in Belém wiedersehen wollte.

Man sah sie wieder und freute sich unbändig, Erfolg gehabt zu haben, der grünen Hölle entronnen zu sein. Gewiß, in der Zona von Belém waren die Preise inzwischen gestiegen, der Cruzeiro gefallen und nur der PRAKLA-Kurs war stabil geblieben. Über die Avenida Presidente Vargas flanieren die hübschen Senhoritas wie eh und je und ihr Gang war womöglich noch anmutiger geworden.

Vor dem Grande Hotel saßen die Senhores bei Gin-Tonic, priesen Schuhputzer ihre Dienste, Losverkäufer unser Glück und fette Mamis Caranguejos, Tacacá, Tucupí und

*H. Auber, Herr und Frau Ries*



*Dr. R. Weber, G. Ochse und B. Fiene*



*H. Pratsch, D. Riebensahm,  
Dr. R. Weber und Frau, und L. Kurth*



*Frau und Herr Witte*



*Herr und Frau Meinschien, Frau Boie*



*Frau Riebensahm, Frau Assmann und Frau Reinhold*



*Frau Nußbaum, Herr und Frau Mayer*

Camaroes an. Von oben brannte die Sonne. Man roch den Äquator, süßlich und faul, und nach dem fünften Gin-Tonic war man selbst so faul wie die träge Luft, und der nächste Einsatz in acht Tagen war weit, weit weg, und Deutschland in so weiter Ferne, daß man kaum noch darüber sprach. – Siesta time.

An dieser Stelle sei den harten Muttersöhnchen von heute ins Stammbuch geschrieben, daß man damals tatsächlich zwei Jahre ohne Unterbrechung im Einsatzland blieb und nicht schon bei der Ankunft die nächste Familienheimfahrt plante.

Nach dieser bissigen Bemerkung müssen wir gestehen: Auch wir kannten damals unsere Freuden. Abends erwachten wir zu neuem Leben und nach dem Jantar ging es los. Apropos Jantar. Wenn man Glück hatte, gab es Feijoada-completa, und wenn man noch mehr Glück hatte, schmeckte sie genauso ausgezeichnet wie am 23. Juni dieses Jahres. Ich weiß nicht, wie Frau Fiene das geschafft hat. Ich jedenfalls habe in der Küche des Restaurants keinen brasilianischen Koch entdecken können. Trotzdem schmeckte die Feijoada, das brasilianische Nationalgericht, schlankweg himmlisch. Alle an den Tischen sangen das gleiche Loblied, und den beiden Veranstalterinnen muß es mächtig in den Ohren geklingelt haben ob der vielen Komplimente. Es hat sich schon wegen der Feijoada gelohnt, von London nach Pattensen zu kommen, meinte ein ehe-

maliger PRAKLANer und nahm mir die letzte schwarze Bohne vom Teller.

Nach dem Essen ging es weiter mit dem Weißt-du-noch? Waren tolle Zeiten damals. Hat nicht B. Fiene immer bei den Fluggesellschaften mit den meisten Abstürzen gebucht? Wegen des hohen Rabatts natürlich! Ölsuche, ein Zauberwort in jenen Tagen noch. Der Auftraggeber ließ uns 1. Klasse einfliegen. Das Gravimeter hielten die Einheimischen für ein Ölanzeigergerät. Ehrfurchtsvoll umstanden sie das Instrument, und wer es tragen durfte, mußte schon ein halber Akademiker sein. 1000 Gravimeterpunkte wurden im Monat vermessen, mehr als 200 000 insgesamt am Amazonas. Ausgewertet wurde auch. Zu Fuß natürlich. Wo gab es damals Elektronik? In Sachen Interpretation war uns die liebe Konkurrenz allerdings um Längen voraus. Auf losen Gravimeterprotokollen stand hinter vielen, vielen Punkten klipp und klar der hoffnungsfrohe Satz: "Good point for oil." Und wer's nicht glaubt, der zahle mir eine Reise nach Bahia. In den Archiven der Petrobrás sind die Protokolle sicher noch zu finden.

Bei solchen Erinnerungen vergingen die Stunden wie im Flug, und da der Chronist gehalten ist, nicht mehr als vier Seiten zu schreiben, muß er nun auch die Party schnell zu Ende bringen.

Gefallen hat es allen, in Brasilien und in Pattensen. Niemand möchte diese Zeiten missen. Zum Schluß haben wir



◁ *H. Woytalewitz, der Co-Autor unseres Artikels, und G. Knaack*



*Dr. D. Boie, W. Hogrefe und R. Lutze im Männergespräch*



*Tiefschürfendes zu vorgerückter Stunde.  
B. Fiene und Dr. W. Assmann*

uns selbst auf die Schulter geklopft und all jene bedauert, die nicht in Brasilien waren, deren grüne Hölle der kleine Monitor auf dem Schreibtisch ist. Was sollen die sich schon nach 20 oder 25 Jahren erzählen? Lautstark kam der Wunsch auf, bis zum nächsten Wiedersehen nicht wieder 20 Jahre verstreichen zu lassen. An wen richtet sich der Wunsch? Natürlich an die Damen, die auch das Treffen in Pattensen so gekonnt arrangiert haben. Frau Fiene und Frau Reinhold sind gemeint. Den beiden Senhoras ein kräftiges "Saúde!"



## Zehn Jahre PRAKLA-SEISMOS- Fußball –

Ein Jubiläumsturnier trug der Tatsache Rechnung

W. Fuhlrott

Anno 1974 trafen sich einige Kollegen auf der Spielwiese einer Mädchenschule, ballverliebt und noch nicht ahnend, daß sich aus diesem Kader bald eine veritable Fußballmannschaft bilden würde.

Im Gründungsjahr – also 1974 – trugen wir 16 Freundschaftsspiele aus, gewannen sieben, verloren sieben und spielten zweimal unentschieden. Es kam noch besser. Nun eingespielt, verbuchten wir 1975 gleich 15 Siege bei nur 4 Niederlagen. Durch dieses fulminante Ergebnis ermutigt, schlossen wir uns dem Betriebssportverband Hannover an und wurden bereits in der ersten Punktspielsaison Sieger der E-Staffel. Unser Höhenflug setzte sich fort. 1977 er-

reichten wir Platz 4 in der D-Staffel, der zum Aufstieg in die C-Staffel berechnete. Hier verdienten wir uns erstmalig den Fairneß-Pokal (siehe REPORT 4/80) und erkämpften den Vizemeistertitel. Von dieser kräftezehrenden Bemühung erholten wir uns erst gegen Ende 1979, da schafften wir den 4. Platz, der uns in die A-Staffel katapultierte.

Die S-Staffel, die höchste Spielklasse, quasi die 'Bundesliga' im Betriebssport, zielten wir in der Saison 1980 an. Die physische und psychische Aufbauarbeit, der wir uns unterzogen, brachte süße Frucht: Wir wurden Meister der A-Staffel, stiegen also auf – und errangen zum zweitenmal den Fairneß-Pokal. In der S-Staffel hielten wir uns in den Jahren 1981 bis 1983 durchaus achtbar, belegten die Plätze 4, 7 und 6. Der 'Pillenknick' ist aber auch an unserer Mannschaft nicht spurlos vorbeigegangen, was sich im Durchschnittsalter von immerhin schon 32 Jahren ausdrückt. Womit gesagt sein soll, daß frisches Blut der Mannschaft wohl zustatten käme.

Freunde des Fußballs, Ihr wollt nun wissen, wie das Jubiläumsturnier ausging an jenem sonnenheißen Frühlingstag im Mai, am 19., um genau zu sein! Teilnehmer waren die Mannschaften der BEB, PREUSSAG, TUI-Scharnow und

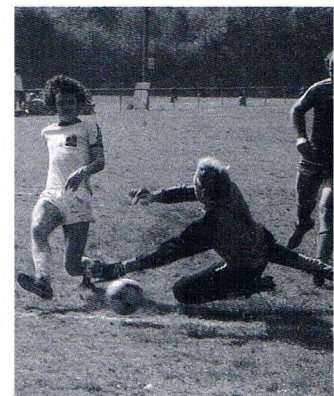
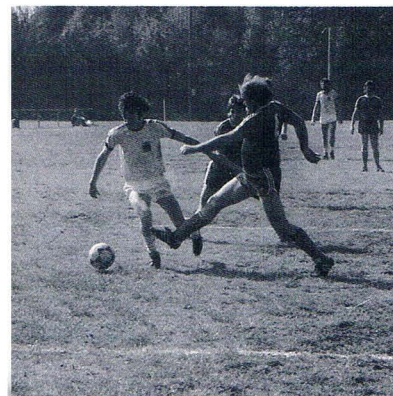


**Packende Torraumszene.  
Ein TUI-Spieler beteuert seine Unschuld  
und hebt die Schwurhand.**

Fotos: M. Cunit



**Faustabwehr unseres Torstehers  
R. Maninger im Spiel  
gegen TUI-Scharnow (1:0).  
U. Lang blickt auf  
den Linienrichter: Abseits?**



**Selbst der Torwart wird umdribbelt. In der Manier eines Maradona spielt G. Rosilius das Siegestor gegen TUI-Scharnow heraus.**



**Strafraumszene aus dem Spiel gegen die PREUSSAG**

natürlich unsere. Jede Mannschaft hatte drei Spiele à 2 x 15 Minuten durchzustehen. Die Kollegen K. Häveker und V. Schweinecke fungierten als Schiedsrichter und leiteten mit großer Umsicht. Wir gewannen das erste Spiel gegen TUI-Scharnow mit 1:0, schlugen auch die PREUSSAG mit dem gleichen Ergebnis. Vor dem dritten und entscheidenden Spiel – wir benötigten nur noch ein Unentschieden für den Turniersieg – verwöhnte uns die Frau unseres Vorstoppers B. Drauschke mit Bienenstich und Kaffee. Die BEB nutzte die wohltsatte Verdauungsphase unserer Spieler aus, gewann mit 2:0 und holte sich den Sieg. Auf den Plätzen 2, 3 und 4 folgten TUI-Scharnow, PRAKLA-SEISMOS und die PREUSSAG.

Unser Betriebsratsvorsitzender W. Voigt überreichte den Mannschaftsführern hinterher diverse Pokale und bat im Vereinshaus des TuS Altwarmbüchen zu Tische. Vor dem Essen zeichnete der Vorsitzende des Betriebssportverbandes Hannover, H. Wölfel, unsere Kollegen H. Fleige, B. Drauschke, U. Lang, O. Wiemann, R. Rieke und W. Fuhlrott mit der silbernen Ehrennadel für besondere Leistungen aus.



*Unsere Mannschaft, von links  
oben: W. Fuhlrott, H. Fleige, R. Broetz, W. Reil, O. Wiemann, R. Behrens, B. Knaack, R. Huff, R. Rieke, U. Lang, L. Flörchinger  
unten: B. Drauschke, F. Flentje, U. Wiens, R. Maninger, W. Freundt, W. Hasselberg, G. Rosilius, D. Wischhöfer*



◁ *Vor dem entscheidenden Spiel gegen die BEB. Dem von Frau Drauschke spendierten 'trojanischen' Bienenstich wird eifrig zugeprochen. H. Fleige achtet darauf, daß jeder zu seinem Recht kommt.*



*Trainer D. Wischhöfer mit seinem taktischen Konzept*



*Publikum*



*Ein BEB-Stürmer im Anmarsch. Was hat die gebremste Haltung von R. Broetz zu bedeuten? Hat er ein 'Abseits' gesehen?*



*Ehrungen: Betriebsratsvorsitzender W. Voigt spricht sie aus, und Kapitän U. Lang nimmt sie für unsere Mannschaft entgegen.*

# Verschiedenes

## Eßgewohnheiten

Zugegeben, mein Titel reißt niemanden vom Sitz, klingt auch gar nicht hochgestochen, eher vordergründig, läßt vermuten, daß nun etwas kommt über Speisefolgen, Suppen und Soßen, oder auch, wie sich der Durchschnittsesser beim Kau- und Schluckvorgang verhält, ob er die linke Hand beim Suppelöffeln teutonisch auf den Tisch legt oder britisch aufs Knie. Hätten Sie aber diese Glosse überhaupt angelesen, wäre ich mit meinem 'Anliegen' ungebremst ins Haus gefallen, etwa nach der Masche: "Die Soziologie des Essens im Personalrestaurant eines mittleren Betriebes"? So klingen heutzutage Dissertations-Themen für Diplom-Psychologen.

Mittagessen in unserem heimeligen Personalrestaurant. Der Strom setzt ein um 11.30 Uhr und verebbt nach 14.00 Uhr, mit Stoßzeiten um 12.00 Uhr. Wer günstig sitzt – günstig in bezug auf die sich am Tresen vorbeischiebende Schlange – der bemerkt sofort: hier nähern sich Abteilungen kompakt und dichtgeschlossen. Die Frage drängt sich

auf: ist dieses Timing zufällig oder geht hier jemand durch den Gang im xten Stock im yten Flügel und bläst zum Sammeln? An den Tischen findet man sich wieder, genauso dicht geschlossen und kompakt.

Auch Einzelgänger kommen vor, Zuspätgekommene, durch ein Telefonat Aufgehaltene. Ihre schweifenden, oft sogar gehetzten Blicke fallen auf, wenn sie Tische suchen mit vertrauten Gesichtern. Während der Urlaubszeit nahm ihre Anzahl sprunghaft zu, ja überhand. Vereinsamte waren das, Zurückgelassene, die nun hilfesusuchenden Blickes herumirrten mit ihrem Tablett vor dem Bauch. Was Wunder, daß es zu haarsträubenden Tischgesellschaften kam: Da saß ein Akquisiteur neben einem Service-Mann, hatte einen Datenbearbeiter direkt und einen Kaufmann schräg gegenüber, und am Tischende hatte sich gar ein Kollege vom Versand niedergelassen. Gespräche kamen etwas schleppender in Gang als sonst, schließlich aber doch. Man erfuhr so manches Unerwartete: daß es auch in anderen Abteilungen Probleme gibt und – man wollte es oft gar nicht glauben – auch Streß und Anspannung und gelegentlich sogar wichtige, dem Wohl der Firma dienliche Arbeiten. Nun aber, da die Urlaubszeit vorüber ist, hat sich dieses chaotische Durcheinander wieder entwirrt. Jeder weiß nun wieder, wo er hingehört – und da sitzt er jetzt auch. G. K.

Sie gibt es noch gar nicht so lange: die Kaffeeterrasse vor dem Personalrestaurant. Die Redaktion hätte ein Foto mit belebter Szene vorgezogen, Damen in saloppen Jeans und Herren mit bunten, wehenden Krawatten. Aber der Sommer war nicht so.



Foto: H. Lehmann

# Seismik im Hafen von Rotterdam

*Meßgebiet –  
Hafen von Rotterdam  
Survey Area –  
Rotterdam harbour*



(Abdruck mit freundlicher Genehmigung des 'Topografische Dienst, Delft')  
(Courtesy Topographic Service, Delft)

Er nennt sich Europoort, und das ist er ja auch: der große Hafen Europas, der größte der Welt. Jeder kennt die Öl-Börse des Kontinents, bekannt als Rotterdam Spotmarkt. Die Suche nach Erdöl und Erdgas ausgerechnet unter diesem Brenn- und Bezugspunkt des Big Oil-Business soll uns einen Artikel wert sein.

It's called the Europoort, and that's exactly what it is: the big European port, the biggest in the world. Everyone knows this oil stock exchange of the continent as the Rotterdam spot market. The exploration for oil and gas here of all places right at the centre of big oil business should be worth a story.

## Seismics in Rotterdam Harbour

*Seismik im Europoort, das kann nur heißen: eine kombinierte Land- und Flachwassermessung, die höchste Anforderung stellt an Organisations- und Improvisationsgeschick der Planer und Akteure und die, um zu brauchbaren Ergebnissen zu kommen, modernste Technik erfordert und bestes Material. Denn ein Hafen mit seinen Fahrrinnen, Becken und Molen, mit seinen verankerten und fahrenden Schiffen, seinen Bohrplattformen, Kran- und Gleisanlagen, Raffinerien, Lagerhallen, seinen Batterien von Öltanks zählt zu den seismikfeindlichsten Arealen, die sich denken lassen. Darüber hinaus öffnet ein Hafen von der Aktivität des Europoort den zahlreichen Arbeitsgruppen eines Seismiktrupps nur engbegrenzte Zeitspielräume, in denen sie operieren können; er bietet nur das eine in großer Vielgestaltigkeit und Stärke, nämlich 'Noise'. Wenn es möglich ist, in diesem Hafen erfolgreich Seismik zu betreiben, dann ist Seismik überall zu machen auf dem Globus.*

*Seismics in the Europoort can only mean a combined land/shallow-water survey which makes the greatest demands upon the organisational and improvisatorial skills of those involved, and moreover requires the most modern techniques and the best equipment to obtain satisfactory results. For a port – with shipping lanes, basins and jetties, with ships at anchor and underway, drilling platforms, cranes, refineries, railway yards, warehouses and rows of oil tanks – presents one of the most adverse areas conceivable for seismic operations. In addition, a port as busy as the Europoort restricts the work of the various groups of a seismic party to limited time windows and offers a variety of only one thing, and that is noise. If it is possible to successfully perform seismics in this port, then seismics can be carried out everywhere in the world.*

*Die Messungen fanden Ende letzten Jahres bei relativ gutem Wetter statt. H. Käter leitete den Landtrupp, M. Kornagel die Flachwassereinheit VS FLUNDER, während E. Kreitz als Supervisor die Fäden in der Hand hielt. Die schriftlichen Berichte dieser Herren lieferten die Basis der nun folgenden Zusammenschau.*

*Surveying took place at the end of last year during relatively good weather. H. Käter was responsible for the land party, M. Kornagel for the shallow-water unit SV FLUNDER, whilst E. Kreitz acted as supervisor for the operations. The reports of the above three supplied the basis of the following account.*



## Forderungen und Auflagen . . .

Forderungen zu stellen ist Recht und Pflicht der auftraggebenden Firmen. Im wesentlichen hat der Klient zwei Kriterien im Auge: gute Qualität zu erhalten, und das in großen Mengen, was im Klartext heißt: Qualität bei akzeptabler Kilometerleistung. In unserem Fall konkretisierten sich die Auftraggeberwünsche in folgenden Punkten:

- ▷ eine vielkanalige Feldaufnahme mit großer Auslagenlänge bei kleinen Spurbständen sollte durchgeführt,
- ▷ Unterschießungen mit längeren Offsets dabei vermieden und ein
- ▷ möglichst hoher und gleichmäßiger Überdeckungsgrad erreicht werden; die
- ▷ telemetrische Registriermethode sollte die zu erwartende starke 50-Hz-Einstreuung minimalisieren, und durch
- ▷ möglichst starke Sendeenergie sollte dem von der Industrie, dem Verkehr, den Schraubengeräuschen manövrierender Schiffe erzeugten hohen Noise-Pegel begegnet werden.

Die Vorbereitungen für die Messungen begannen im Sommer 83. Ortsbesichtigungen und Besprechungen mit Vertretern des Auftraggebers und zahlreicher Behörden schlossen sich an. Die Zusammenarbeit mit den Behörden und Dienststellen – Hafendienst, Radarkontrolle Hoek van Holland, Distrikt Europoort, Traffic Center, Stadt Rotterdam, Brücken und Schleusen –, deren generelle und detaillierte Zustim-

## Demands and Obligations . . .

It is the privilege and duty of the commissioning companies to make demands. Basically the client bears two criteria in mind: to acquire good quality data – and that in quantity, which simply means: quality with acceptable kilometre performance. In our case the client's requirements were condensed into the following points:

- ▷ multi-channel recording employing long spreads with small trace intervals should be carried out,
- ▷ undershooting with long offsets avoided and a
- ▷ high and uniform degree of coverage achieved;
- ▷ the telemetry recording method should minimize the expected strong 50 Hz noise, and by using the
- ▷ strongest possible source energy the high noise level from industry, traffic and ship propellers should be countered.

The preparations for the survey began in summer 1983. Site visits and discussions with the client's representatives and numerous authorities followed shortly afterwards. A smooth cooperation was enjoyed with the local government and municipal departments – port authorities, radar control in Hook of Holland, Europoort district, Traffic Centre, City of Rotterdam, bridges and sluices – whose permission had to be obtained and with whom close contact had to be maintained during the survey. We had of course to fulfil stringent obligations:



◁ *Die FLUNDER auf Meßfahrt im Ölhafen. 'Upstream' und 'Downstream' harmonisch vereint.*

*FLUNDER surveying in the oil port. 'Upstream' and 'Downstream' brought together in harmony.*

*Ein Sicherheitsboot vom 'Havendienst', unser ständiger Helfer und Begleiter.*

▽ *A boat from the port authorities, our constant companion and guide.*

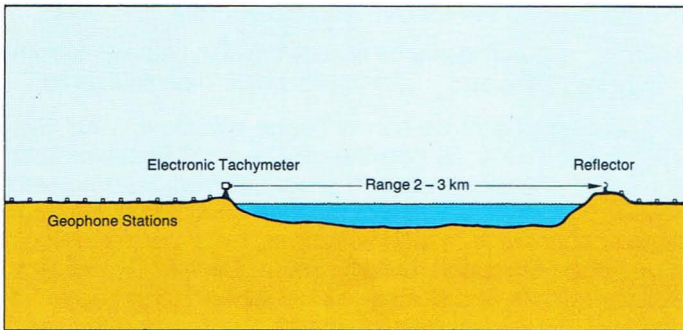
mung eingeholt werden mußte und die auch während der Messung laufend zu kontaktieren waren, verlief problemlos. Natürlich hatten wir strenge Auflagen zu erfüllen:

- Kein Auslaufen der FLUNDER bei Sichtweiten unter 1000 m
- Anmeldung der Arbeiten zwei Stunden vor Beginn
- Die FLUNDER zur Aufsicht der Kabel-Boote ständig zugegen
- Keine Arbeiten auf den Gewässern ohne ein Begleitboot vom 'Havendienst'

Generell ist zu sagen: Der normale Schiffsverkehr auf den Wasserstraßen und im Hafen hatte absoluten Vorrang. Was



dieses Postulat für unsere Arbeit bedeuten mußte, geht aus der Tatsache hervor, daß die Mehrzahl der Profile nicht weniger als vier Wasserstraßen im rechten Winkel kreuzten, von SW nach NE: das Brielse Meer, den Hartel- und Calandkanal und schließlich den Nieuwe Waterweg (Neuer Wasserweg), die Hauptschlagader des Schiffsverkehrs. Im Norden schlossen sich Gärtnereien mit riesigen Treibhäusern an (was unsere Lanzen-Crews kaum sehr beeindruckt haben dürfte. Siehe REPORT 2 + 3/82!). M. Kornagel schreibt in seinem Bericht: "Die Behördenauflagen haben sich als realistisch und sinnvoll erwiesen und sind grundsätzlich befolgt worden – auch im eigenen Interesse".

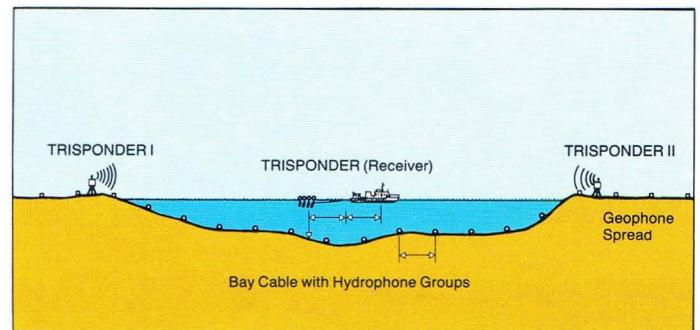


**Positionierung des Airgun-Arrays mittels TRISponder-Kette bei Meßfahrt 'in Linie'. Die beiden Sender arbeiten nur als Entfernungsmesser. Sie stehen auf bereits exakt vermessenen Schußpunkten. Der Abstand zwischen Antenne und Zentrum des Airgun-Arrays entspricht dem doppelten Spurabstand, was die Einmeßarbeit erleichtert.**

**Positioning of airgun array using TRISponder chain during in-line survey cruise. The two transmitters function only as range-finders. They are positioned at shotpoints. The distance between antenna and airgun-array centre equals twice the trace interval.**

- FLUNDER not to survey when range of sight under 1000 m
- Notification of work two hours prior to start
- FLUNDER always to be present to supervise cable boats
- No work afloat without an escort boat from the port authorities

It must be mentioned that the normal traffic in the shipping lanes and in the port had absolute priority. The effect this had on our work can be realized from the fact that the majority of the lines crossed at right angles no less than four waterways from SW to NE: the Brielse Sea, the Hartel and Caland Canals and finally the Nieuwe Waterweg (New Waterway), the principle shipping route. Nurseries with huge greenhouses adjoined to the north (hardly a problem for our lancing crews. See REPORT 2 + 3/82!). M. Kornagel wrote in his summary: "The obligations laid down by the authorities proved to be realistic and sensible and were strictly followed – it was also in our own interests."

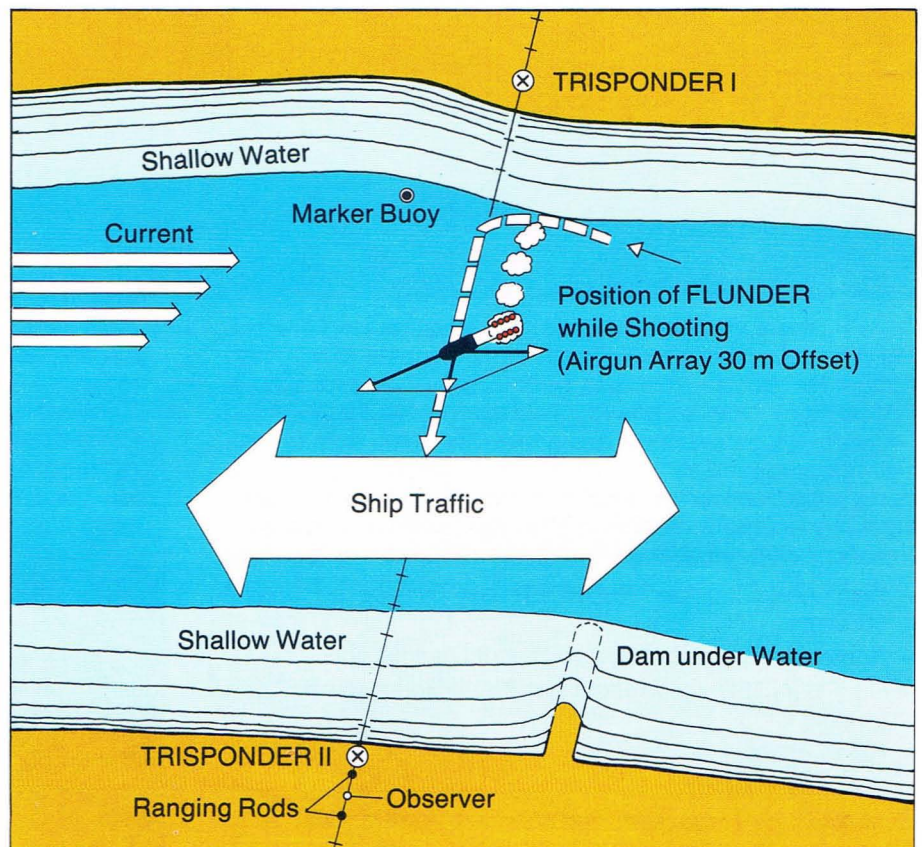


**Elektronische Entfernungsmessung mittels HP-Totalstation über Hafenecken und Schiffsstraßen hinweg**

**Electronic distance measurement over harbour basins and shipping lanes using HP Total Station**

**Fahrt 'in Linie' bei seitlicher Strömung. Gezeitenströmungen im Nieuwe Waterweg machen ein schräges Anfahren der FLUNDER entlang der Profillinie notwendig. Dabei wird die Brücke (= Antenne) auf Linie gehalten und der seitliche Offset des Airgun-Arrays von Land her beobachtet und festgehalten.**

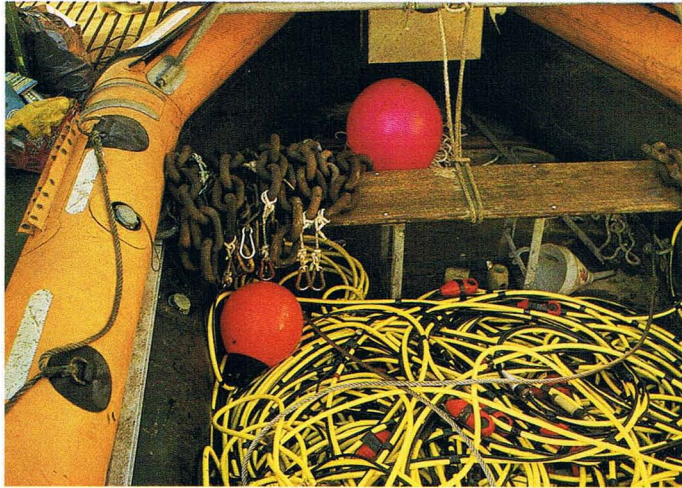
**In-line cruise against the current. Tidal current in the Nieuwe Waterweg makes it necessary for the FLUNDER to cruise at an angle to the line. The captain must keep the bridge (= antenna) in line while the lateral offset of the airgun array is observed and recorded from land.**



**... und die Mittel, sie zu erfüllen**

Es würde zu weit führen, Ausrüstung und Personalbestand der Land- und Seemeßgruppe detailgetreu zu schildern, wir wollen auch nicht die beiden Trupps getrennt agieren lassen, sondern sie als operative Einheit betrachten. Zu berücksichtigen galten

- die Qualitäts- und Leistungsvorstellung des Auftraggebers,
- die Auflagen der Behörden,
- die speziellen Gegebenheiten und Tücken des Meßgebietes,



*Grundkabel mit Hydrophonen in einem Schlauchboot. Die schweren Kettenglieder links auf der Sitzbank werden mittels Karabinerhaken am Kabel befestigt, um es auf Grund zu halten.*

*Bay cable with hydrophones in a rubber boat. The heavy chains on the seat will be attached to the cable by snaphooks to keep it on the water bottom.*

Die Kabelboote haben die Hauptarbeit zu leisten: Auslegen und Einholen der Grundkabel sowie der Repeater-Boxen und Telemetrieverlängerungen. Darüber hinaus sind Sicherungs-, Verbindungs- und Transportaufgaben durchzuführen.

The cable boats have to do the hard work: laying out and retrieving the bay cables as well as the repeater units and the telemetry extensions. In addition, transport, connection and safety work has to be done.



*Landung an der Mole. Die Landanschlüsse werden hergestellt. A land connection being made*



*Auslegen des Grundkabels – hier eine fast idyllische Kahnpartie  
Laying out the bay cable – almost an idyllic rowing-boat party*



*... mit hoher Fahrt auf Gegenkurs ... at full speed in traffic*



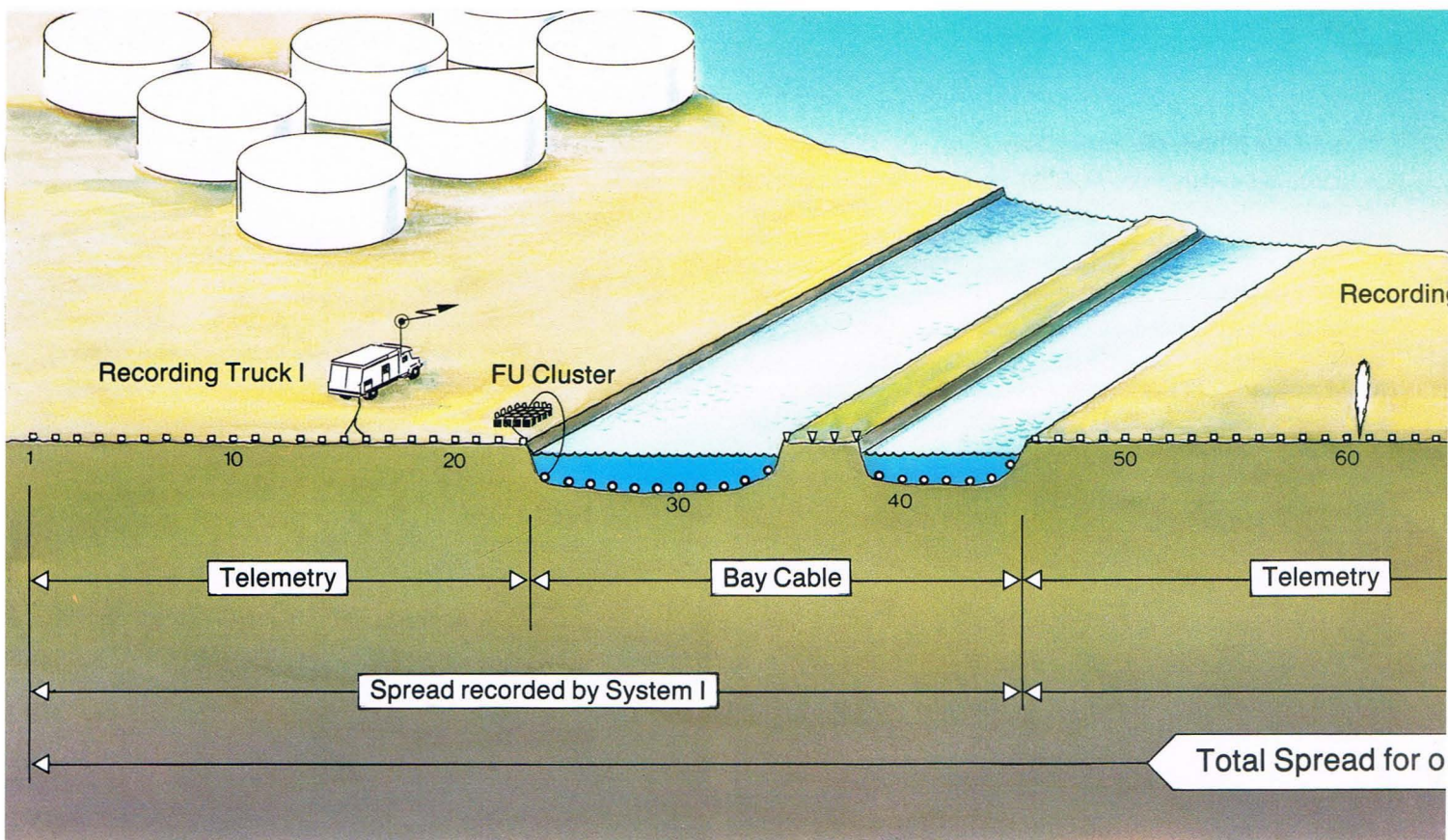
*Transport von Geophonketten • Transport of geophone chains*

**... and the Means of Fulfilling Them**

We don't want to describe in detail the equipment and personnel of the land and marine parties, nor do we want to separate the two crews, but deal with them as a single unit. To be considered were:

- the quality and performance required by the client,
- the obligations set by the authorities,
- the adversities of the survey area,
- and also the experience already obtained in this area. For previous surveys had been made:

Party Hengst had carried out a streamer survey in the port of Rotterdam some time ago, party Dr. Koerfer a VIBROSEIS survey in the city and party Ceranski had tested the suitability of waterguns in the Maas river near Rotterdam.



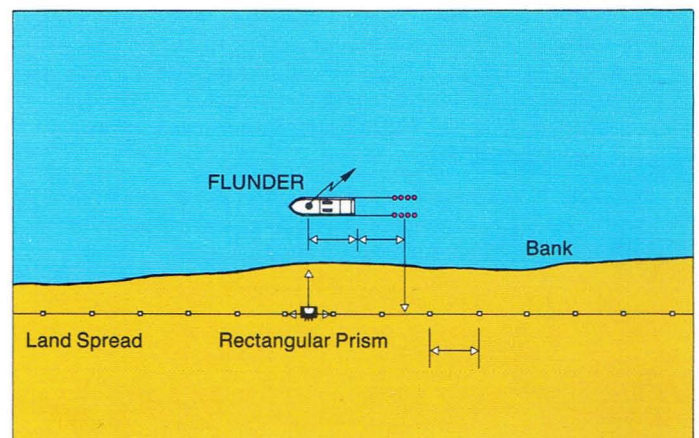
Schematisierte und überhöhte Darstellung einer Auslage über vier Wasserwege hinweg. Die Übertragung der von Geophonen resp. Hydrophonen aufgenommenen Signale erfolgt digital ('telemetrisch') an Land und analog im Wasser (über Grundkabel). Die Digitalisierung der analogen Signale geschieht unmittelbar am Ufer. Dort stehen jeweils ebenso viele Telemetrie-Boxen (= Field Units, in unserer Figur als 'FU-Cluster' dargestellt), wie Hydrophongruppen unter Wasser ausgelegt sind. Vereinzelt wird das Grundkabel auch über Dämme zwischen zwei Wasserwegen ausgelegt. Anstelle von Hydrophonen werden dann Geophone angeschlossen. Müssen bereits digitalisierte Signale durch ein Hafenbecken geführt werden, geschieht dies mittels wasserdicht gemachter Telemetrie-Verlängerungen und Repeater-Boxen.

Exaggerated schematic presentation of a spread across four waterways. The transfer of the signals picked up by the geophones and hydrophones occurs digitally ('telemetric') and in analog (via bay cable) respectively. The digitizing of the analog signals takes place in the field units (FUs) clustered directly at the water's edge.

Occasionally a bay cable is laid out over a dam between two waterways, the hydrophones then being replaced by geophones. When previously digitized signals have to be transferred through a harbour basin, watertight telemetry extensions and repeater units have to be used.

Energy sources were to be:

- ▷ explosives in drilled, flushed and lanced holes on land (VIBROSEIS was ruled out because access to the refineries and chemical works was restricted by the numerous pipelines),
- ▷ an airgun array, as large as possible, in waters which allowed the FLUNDER to navigate,
- ▷ watergun shots in waters where the airgun array could not be towed, e.g. in the Brielse Sea. Access to these waters

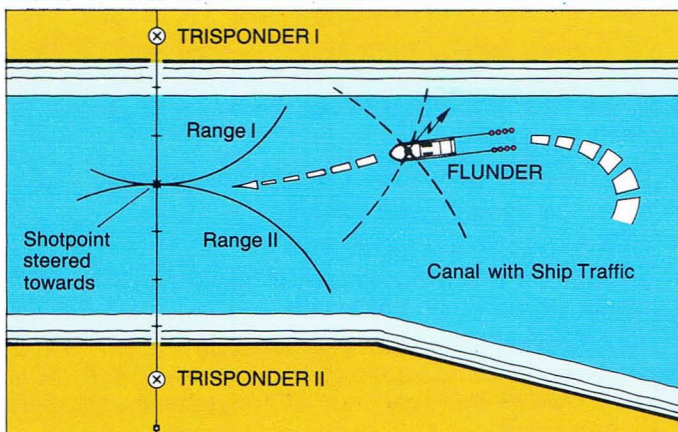


Positionierung der Schiffsantenne mittels Winkelprisma bei Profilen längs von Hafenanlagen. Das TRISPONDER-System wird nach Möglichkeit zusätzlich verwendet.

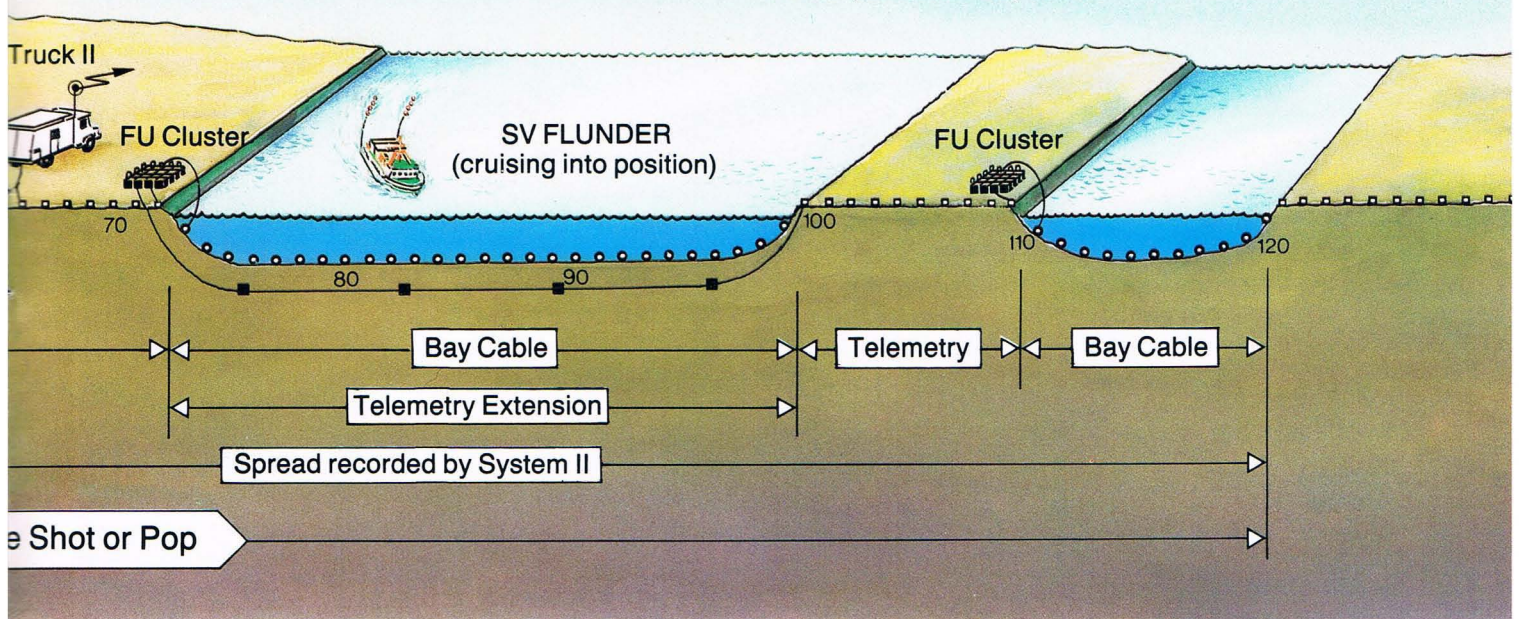
Positioning of ship's antenna with rectangular prism for lines along jetties and piers. If possible TRISPONDER is additionally used.

- ◁ Meßfahrt quer zur Linie. Diese zeitraubende Prozedur wird in engen Wasserstraßen mit nur 4 bis 6 Schußpunkten notwendig. Das Schußauslösekommando "Mitte Array in Linie!" erfolgt von Land aus.

Survey cruise across the line. This time-consuming procedure is necessary in narrow waterways with only four to six shotpoints. The command for shot release "array centre on line!" is given from land.

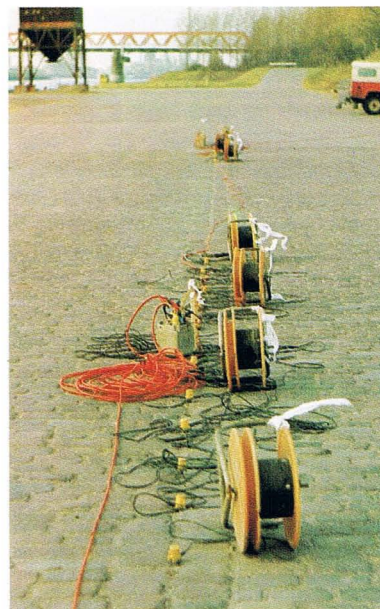


- Legend:
- □ □ □ Telemetry Field Units (FU)
  - ○ ○ ○ Hydrophone Groups
  - ▽ ▽ ▽ ▽ Geophone Groups
  - ■ ■ ■ Telemetry Extension with Repeater Units
- } Bay Cable
- laid out parallel to Bay Cable



Die beiden Meßwagen

The two recording trucks



*Geophongruppen – oder: der Vorteil von althergebrachtem Straßenpflaster gegenüber Asphalt und Beton*  
*Geophone groups – or: the advantage of time-honoured cobblestones over asphalt and concrete*



Die Materialschlacht beginnt

The battle begins

from north of Europoort was impassable for the FLUNDER. The watergun, supplied by the client and installed on the chartered SV REDDER, ensured that no larger gaps occurred in the coverage.

**Data recording** was made by synchronous operation of two Sercel SN 348 central units installed in two survey trucks. No seismic instruments were therefore installed on the FLUNDER. The ship acted only as shooting boat – disregarding her countless control functions. A streamer was not towed for reasons of space.

**Receivers:** For the land work we fell back upon the trusty SM-4 (10 Hz) geophone. In the harbour basins and shipping lanes marsh geophones could not be employed because of the excessive water depths. Even hydrophones suspended from buoys would have been unsuitable owing to the strong current and especially owing to the ceaseless ship and dredger traffic.



**Eine Unimog-Bohreinheit auf dem Punkt**  
*Unimog drilling unit on site*

– und natürlich auch die eigenen, in dieser Gegend bereits gesammelten Erfahrungen. Denn solche gab es:

So hatte Trupp Hengst schon vor längerer Zeit Streamer-Messungen im Hafen von Rotterdam durchgeführt, Trupp Dr. Koerfer eine VIBROSEIS-Messung im Stadtgebiet vorgenommen, und Trupp Ceranski mit Watergun-Messungen in der Maas östlich von Rotterdam die Tauglichkeit dieses Verfahrens in der Praxis erprobt.

Als **Energiequellen** waren vorgesehen:

- ▷ Sprengstoff in gebohrten, gespülten und gelanzten Löchern an Land. (VIBROSEIS schied aus, da in den Raffinerien und chemischen Anlagen zu viele Rohrleitungen die Fahrmöglichkeiten einschränkten.)
- ▷ Ein möglichst großes Airgun-Array in Gewässern, die ein Navigieren der FLUNDER erlaubten.
- ▷ Watergun-Schüsse in Wasserarmen, wo kein Airgun-Array ausgefahren werden konnte, z. B. im Brielse Meer. Der Zugang zu diesem Gewässer südlich vom Europoort war für unsere FLUNDER nicht passierbar. Die Wasserkanone, vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt und auf der gecharterten VS REDDER installiert, sorgte dafür, daß keine allzu großen Lücken in der Überdeckung entstanden.

Zur **Datenregistrierung** dienten zwei Sercel SN 348-Zentral-einheiten für synchrone Benutzung, die in zwei Meßwagen untergebracht waren. Auf der FLUNDER befand sich also keine seismische Apparatur. Das Schiff diente nur als Schießboot, läßt man die zahllosen Nebenfunktionen dieser Schalt- und Leitungsstelle außer acht, zog also auch keinen Streamer hinter sich her, was aus Raumgründen von vornherein unmöglich gewesen wäre.

Als **Aufnehmer** für den Landbereich griffen wir auf die altbewährten SM-4-(10 Hz)-Geophone zurück. Die Verwendung von Marsch-Geophonen schied wegen zu großer Wassertiefe in den Hafenbecken und Fahrrinnen aus. Auch an Bojen aufgehängte Hydrophone hatten wegen zu starker Strömung, besonders aber wegen des ständigen Schiffs- und



**An geeigneten Stellen wird die Ladung eingespült**  
*If possible the holes are flushed for the charges*

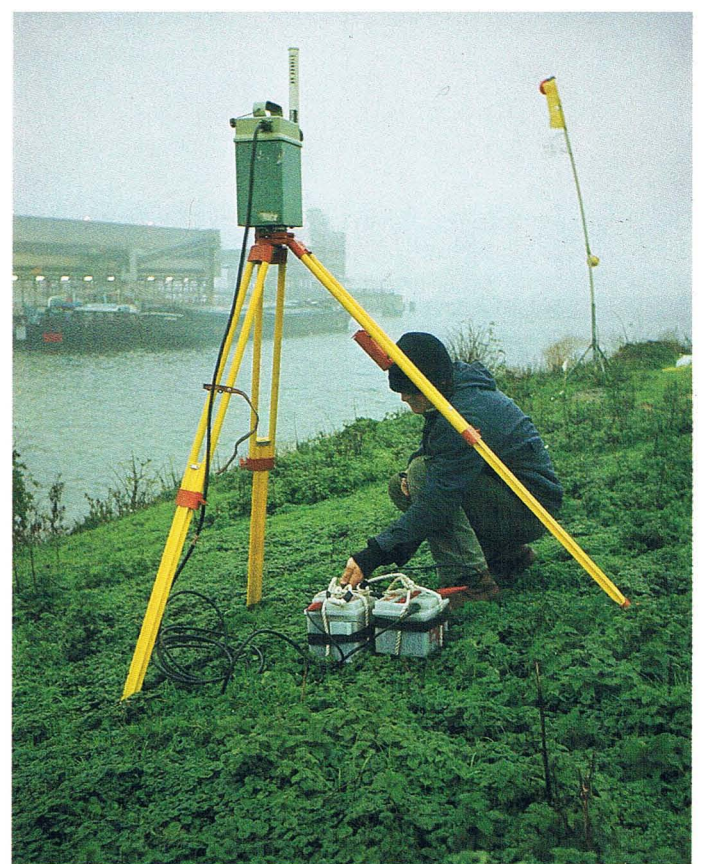
***Eine TRISPONDER-Anlage wird in Betrieb gesetzt  
TRISPONDER equipment being put into operation***

Baggerverkehrs, keine Chance. Für den Wasserbereich blieb also nur die Verwendung von an Grundkabeln angeschlossenen Hydrophonen übrig (obgleich die oft beträchtliche Wassertiefe – bis 28 m – eine Filterwirkung ausübt und zu einer teilweisen Auslöschung der Nutzenergie im bevorzugten Frequenzbereich führt). Da die von den Hydrophonen empfangenen Signale zur Zeit nur analog und nicht digital via Grundkabel weitergeleitet werden können, mußten spezielle Stecker vorbereitet werden, um jedes Aderpaar der Grundkabel am Ufer in eine entsprechende Telemetriebox einzuführen, von wo aus die Signale dann in digitaler Form über Land zur Meßapparatur gelangten. Außerdem war die Möglichkeit zu schaffen, Telemetrie-Landauslagen zu beiden Seiten einer Fahrrinne über Repeaterboxen und Verlängerungen durch das Wasser hindurch miteinander zu verbinden. Dafür baute und entwickelte unsere Technische Abteilung wasserdichte Container für Repeaterboxen und zugfeste Verlängerungskabel mit Gewichten zur Beschwerung für große Wassertiefen. Nennenswerte Undichtigkeiten an Grundkabeln und Steckerverbindungen traten nicht auf. Die Repeaterboxen und Verlängerungskabel blieben oft über zwei Wochen permanent im Wasser, für den Fall, daß sie für drei bis vier der benachbarten Profile benutzt werden konnten. Alles in allem standen uns für den Aufbau über 300 'Telemetrie-' und 140 'Grundkabel-Spuren' zur Verfügung. Damit mußten wir leben – und konnten es auch.

**Die Messung**

Am 17. Oktober begannen wir mit der Feldaufnahme. Die ersten drei Tage waren, zur Einstimmung, konventioneller Landseismik gewidmet. Am vierten Tag standen wir vor dem Mississippi-Hafen. Das Auslegen der Grundkabel in relativ ruhigem Gewässer stellte für die Flachwassermannschaft kein Problem dar. Wie oben beschrieben wurde das Grundkabel an den Telemetrie-Landaufbau angeschlossen, wobei die Anzahl der ausgelegten Hydrophongruppen mit der Anzahl der im 'Cluster' vereinigten Feldboxen natürlich identisch sein mußte.

Am 22. Oktober traf die FLUNDER mit Kapitän H. Tramborg am Ruder in Rotterdam ein. Für den nächsten Tag standen Testschüsse und Navigations-Checks auf dem Programm. Am 25. 10. erfolgte dann der erste 'produktive' Airgun-Schuß.



As a result the only remaining alternative for the water areas were hydrophones affixed to bay cables (although the often considerable water depth – up to 28 m – exerts a filter effect and leads to a partial attenuation of the useful energy in the preferential frequency range). As the signals received by the hydrophones can at present be transmitted via bay cable only in analog and not digitally, special connections had to be prepared to introduce all the bay cable cores on the bank into an appropriate number of telemetry boxes, which would convert the signals so that they could be digitally transmitted through the telemetry cable over land to the recording instruments. Moreover, it was possible to connect under water telemetry land spreads on either side of a shipping lane via repeater boxes and extensions. Our Technical Department enabled this by developing and constructing watertight containers for repeater boxes and stretch-resistant extension cables with sinker weights for deep water. Noteworthy leaks in the bay cable and at the connectors did not occur. The re-



***Handlancin im Glashaus, für unsere Hollandtrupps ein vertrautes Thema. Friedliches Nebeneinander mit Blickkontakt.***

***Hand lancing in a greenhouse, familiar to our crews in Holland. Peaceful coexistence, enhanced by visual contact.***

Das Ansteuern der Schußorte geschah mit Hilfe zweier TRISPONDER-Stationen, die auf beiden Seiten der Hafenbeken und Wasserwege das zu vermessende Profil markierten. Aufgestellt waren sie auf bereits topographisch exakt eingemessenen Schußpunkten. Die Schußpunktnummern, Schußzeiten, die Schußpunktentfernungen zu den beiden TRISPONDER-Stationen sowie die Wassertiefe wurden auf der FLUNDER auf Datenlogger festgehalten.

Wegen der meist starken Strömung konnte das Auslegen der Grundkabel im Nieuwe Waterweg nur bei Stauwasser erfolgen, d. h. wir hatten die Kenter-Punkte der Nordseeeflut und -ebbe abzuwarten. Bei all diesen Arbeiten, und erst recht natürlich während der Messung selbst, war ein Boot vom 'Havendienst' in Sichtweite und hatte ein wachsames und sicherndes Auge auf den enormen Schiffsverkehr.

Die Synchronisierung der beiden Meßapparaturen erfolgte problemlos mittels ZXDD. Der 'Abschießer' an Land bzw. der Airgun- und Watergun-Operator fungierte als 'Master', die beiden Meßapparaturen als 'Slaves'.

Über die speziellen Probleme und Aufgaben, die unsere Seemeßgruppe zu bewältigen hatte, geben die hier gezeigten Fotos und Darstellungen nur sehr begrenzte Auskunft. Routine war das also nicht, was unseren 'Marines' abverlangt wurde. Aber auch die Mannschaften des Landtrupps hatten Heterogenes zu verkraften: Man drillte mit Unimog-

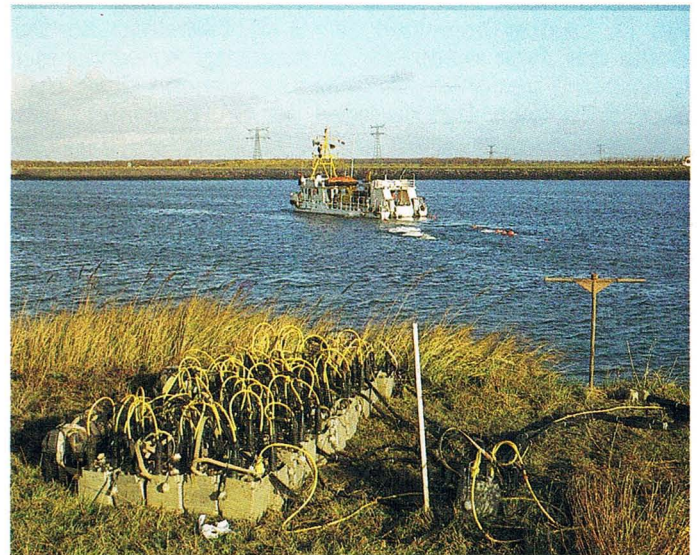
peater boxes and extension cables were often left in the water for over two weeks at a time – with no problems – when they could be used for three to four adjacent lines. All told more than 300 'telemetry traces' and 140 'bay-cable traces' were available. We had to live with that – and we could, too.

### The Survey

We began the field recording on the 17th October. To get into the swing the first three days were given over to conventional land seismics. On the fourth day we were at the Mississippi Harbour. Laying out the bay cable in relatively calm water presented no problems for the shallow-water party. As described above the bay cable was connected to the telemetry land spread, whereby the number of hydrophone groups laid out was necessarily identical to the number of telemetry boxes in the cluster.

On 22nd October the FLUNDER, with Captain H. Tramborg at the helm, arrived in Rotterdam. The next day was taken up with test shots and navigation checks. On 25th October the first 'production' airgun shots were let loose.

The shot positions were steered towards with the aid of two TRISPONDER stations, which marked the line to be surveyed on either side of the harbour basins and waterways. They were positioned at shotpoints which had been



### Meßfahrten der FLUNDER

*Links oben:  
mit einer Produktionsplattform im Hintergrund  
rechts oben:  
mit einem 'FU-Cluster' im Vordergrund  
daneben:  
Manövrieren in einer schmalen Wasserstraße*

### FLUNDER survey cruises

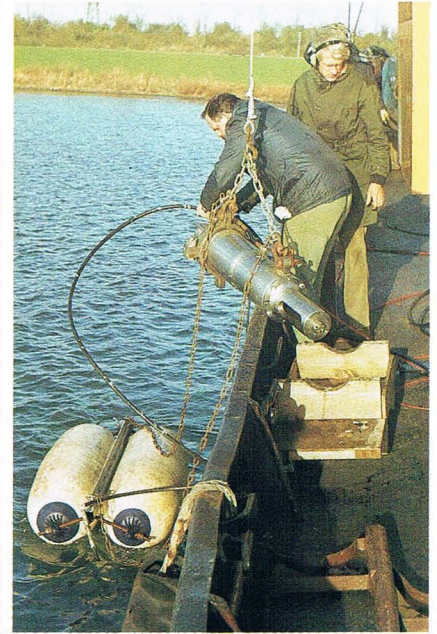
*above left:  
with a production platform in the background  
above right:  
with a FU cluster in the foreground  
bottom: manoeuvring in a narrow channel*





*Die REDDER begibt sich auf Position...*

*The REDDER making for position...*



*... Schwimmer und Wasserkanone werden an einer mit Boje markierten Stelle zu Wasser gelassen...*

*floats and watergun being lowered into the water at a place marked by a buoy...*



◁ *... und der Schuß über ein ZXDD auf der Brücke des Schiffes ausgelöst. Zur Verbesserung der Energieausbeute empfiehlt sich eine vertikale 4- bis 6fach-Stapelung.*

*... and the shot released via ZXDD from the bridge. 4- to 6-fold vertical stacking improves the energy output.*

previously topographically surveyed. The shotpoint numbers, shot times, the shotpoint distances from the two TRISPONDER stations as well as the water depths were registered by the FLUNDER on data logger.

Owing to the generally strong current the laying out of the bay cable in the Nieuwe Waterweg could be carried out only during high and low tide when the water flow was at a minimum. Throughout this work, and all the more during the

Bohranlagen, spülte mit Wasser, lanzte mit Menschenkraft und Druckluft. Die Vermesser hatten die Hafenbecken optisch mit der HP-Totalstation zu vermessen, Markierungsbaiken für die FLUNDER zu setzen, Drainagerohre aufzuspüren, hatten Schußpunkte im dichten Leitungsnetz des Hafengebietes festzulegen, die seitlichen Offsets der Schußpunkte zu erfassen – und nebenbei die Landanteile der Profile einzumessen.

Die Meßtechniker in den beiden Meßwagen hatten sich untereinander abzustimmen, die Schußauslösung der Wasserkanone zu überwachen, die Schüsse der FLUNDER auf's Band zu bringen – und nebenbei die Landschüsse zu registrieren. Die Kabelmannschaft mußte, zusätzlich zum Landaufbau, auch die Wasser/Land-Anschlüsse herstellen. Und der Feldleiter, gestreßt wie keiner, hatte alle Hände voll zu tun, sämtliche Operationen unter einen Hut zu bringen.



*Unsere Werkstatt in Brielle hat immer Hochbetrieb. Hier: zwei Repeater-Boxen in Arbeit.*

*Our workshop in Brielle is always busy. Here: two repeater boxes being repaired.*



△  
**Mehr Erfolg hat ein gecharterter Schlepper . . .**  
*A chartered tug-boat has more success . . .* ▷



**Der Anker der FLUNDER soll von Schiffen gekapptes Grundkabel wieder an die Oberfläche holen. Der Versuch mißlingt.**  
*The FLUNDER's anchor prepared for retrieving severed bay cable. The attempt fails.*



survey proper, a boat from the port authorities stayed within sight and kept a sharp eye on the busy ship traffic.

Synchronizing the two recording instruments was achieved without problems using the ZXDD. The 'shooter' on land or the airgun/watergun operator acted as 'master' with the two recording instruments as 'slaves'.

The photos and drawings accompanying this text give only a limited idea of the specific problems and tasks that our marine party had to deal with. It is clear that the demands on our 'marines' were not routine. But the land party, too, had to cope with diverse conditions: drilling with Unimog rigs, flushing with water, lancing with manpower and compressed air. The surveyors had to survey optically the harbour basins with the HP Total Station, position the marker beacons for the FLUNDER, locate drainage systems, fix shotpoints in the pipeline network of the port area, determine the lateral offsets of the pops and shotpoints – and, as if that were not enough, had to survey the parts of the lines on land.

### Ein dreifaches Schlußwort

**E. Kreitz:** "Die Operation im Hafengebiet von Rotterdam verlief besser als erwartet, dank der intensiven Vorbereitungen und dank der Einsatzfreude des Personals. Die einzigen Schwierigkeiten traten dadurch auf, daß mehrere Grundkabel beschädigt bzw. zerstört wurden und neu ausgelegt bzw. ersetzt werden mußten. Die Ursachen hierfür: Baggerarbeiten, Aufscheuern des PVC-Mantels an den scharfen Steinen der Uferböschung und vielleicht auch gelegentliche Kappung durch Schiffsschrauben. Anzunehmen ist, daß durch die Turbulenzen, die ein fahrendes Großschiff erzeugt, die Grundkabel trotz Bleibeschwerung hochgewirbelt wurden und in die Schiffsschrauben gerieten. Die Kabel mit noch größeren Bleigewichten zu beschweren, hätte die kabeleinholende Schlauchboot-Mannschaft körperlich überfordert. Für zukünftige Messungen dieser Art sollten mechanische Auftrommelmöglichkeiten auf größeren Beibooten geschaffen werden."

**H. Käter:** "Nach 'normalen' Anlaufschwierigkeiten und nach exakt 50 Meßtagen war das Programm einen Tag vor Heiligabend abgeschlossen. Beschwerden der Hafenbehörden, der Bewohner oder der Verantwortlichen von Ölterminals und Raffinerien sind uns nicht zu Ohren gekommen. Die seismischen Ergebnisse waren überdurchschnittlich gut. Ist es dann vermessen, von einem Erfolg der Operation zu sprechen?"

**M. Kornagel:** "Dieser Auftrag hat jedenfalls bei allen Beteiligten einen bleibenden Eindruck hinterlassen."

Wir hoffen einen positiven!

Die Redaktion



*Zwei unserer Boote vor mächtiger Kulisse*

▽ *Two of our boats against a mighty backdrop*

*Was wir zeigen wollen mit diesem Foto:  
die Schönheit der Christlichen Seefahrt*

*What we want to show with this picture:  
marine seismics can sometimes be delightful*



The operators in the two recording trucks had to check with one another, control the shot releases of the watergun, put the FLUNDER's pops on tape – and, moreover, record the land shots. The cable team had, in addition to setting up the land spread, to prepare the water/land connections. And the field manager, under the utmost stress, had his hands full trying to coordinate all the operations.

### **A Threefold Summary**

**E. Kreitz:** "The operation in the Rotterdam harbour area went better than expected thanks to the intensive preparations and to the enthusiasm of those involved. The only real problem was that several bay cables were damaged or destroyed and had to be relaid or replaced. Causes were dredging work, damage to the PVC coating by sharp rocks on the bank and perhaps ships' propellers severing the cable. Presumably, despite lead weighting, the turbulence produced by passing large ships whirled up the bay cable, which entangled in the propellers. The use of heavier lead weights would have demanded too much physical exertion from the cable-retrieving crew. In future surveys of this kind mechanical winders should be installed on larger auxiliary boats."

**H. Käter:** "After the normal initial problems and after exactly 50 survey days the program was completed one day before Christmas Eve. We didn't hear of any complaints from the port authorities, residents or from those in charge of the oil terminals and refineries. The seismic results were exceptionally good. Is it then presumptuous to talk about the success of this operation?"

**M. Kornagel:** "This survey has certainly left a lasting impression on all those who took part."

We hope a positive one!

The Editor

*Kleine Ursache – große Wirkung*

*Great oaks from little acorns grow*



