



### Die Anfänge der Flachwasserseismik vor und nach dem 2. Weltkrieg

Rundschau Nr.35, 1969

Es war ein natürlicher Wunsch, mit der stürmischen Entwicklung der seismischen Exploration Ende der Dreißiger Jahre nicht an den Grenzen des Festlandes stehenzubleiben. Als einfachste Möglichkeit bot sich das deutsche Küstengebiet da an, wo die Landgrenze im Rhythmus der Gezeiten wenigstens zeitweilig seawärts vorgeschoben wird. Die ersten seismischen Wattmessungen fanden 1938 in der Bucht von Büsum und nach dem Kriege ab 1948 wiederum dort und auf den ausgedehnten Watten vor Cuxhaven statt. Dies waren die Anfänge der Flachwasserseismik der SEISMOS GmbH. Die seismische Ausrüstung unterschied sich noch in nichts von der eines Landtrupps, wohl aber spielte von Anbeginn die Einmessung eine bedeutsame Rolle. Die Sprengpunkte und der Verlauf der Meßlinien mußten mit Sextanten durch Rückwärtseinschnitte (Triangulation) auf den Wattkarten festgelegt werden. Bei ausreichender Sicht dienten als Hilfsziele küstennahe Festpunkte wie Kirchtürme, Leuchttürme und Baken, deren Koordinaten bekannt waren oder bestimmt werden mußten. Im übrigen blieb das wesentliche Merkmal dafür, daß es sich um Flachwassermessungen handelte, der Umstand, daß die Arbeitskleidung der Mannen häufig aus ihrer eigenen Badehose bestand. Eine Karikatur aus jener Zeit (nach Reichow 1949) legt beredtes Zeugnis für die Art der ersten Messungen ab (siehe Titelzeichnung). Man sieht daraus, daß die Geophonanschlüsse und Kabel an Stangen hochgelegt werden mußten.

Es ist nicht übertrieben, diese Messungen als Pionierleistungen zu würdigen, denn die Ausdehnung der Arbeiten über den großen Knechtsand und nach Neuwerk und Scharhörn war nicht ungefährlich, zumal - als nächster Schritt in der Entwicklung - die seemännische Ausrüstung lediglich in einem kleinen Motorboot für den Einmesser und ein bis zwei Schlauchbooten ohne Antrieb (!) bestand. Nur wer die Watten kennt oder mit unseren Arbeiten kennengelernt hat, kann ermessen, was es bedeutet, daß die Flut meist unberechenbar, je nach Windrichtung und Stärke, von verschiedenen Seiten und verschieden hoch und schnell kommen kann. Dennoch oder gerade deshalb zielt ein Kranz schöner Anekdoten diese Zeit.

### Der Beginn der eigentlichen Flachwasserseismik in Jahre 1959

Nachdem die Hochseemessungen der PRAKLA in der Nordsee mit zunehmendem Erfolg angelaufen waren, zeigte es sich, daß auf Grund der teilweise veränderten tektonischen Gegebenheiten im Schelfgebiet die Interpretation der Ergebnisse und die Zuordnung der seismischen Horizonte schwierig und teilweise unmöglich blieb, solange ihre Verknüpfung mit den Landmessungen fehlte. Diese Lücke in Form eines breiten Streifens entlang der gesamten Nordseeküste zu schließen, bot der SEISMOS ab 1959 ein aussichtsreiches Betätigungsfeld. Entsprechend den neuen Aufgaben wurde ein seismischer Flachwassermeßtrupp der SEISMOS mit einem seetüchtigen Küstenmotorschiff (Kümo) ausgestattet, das nur etwa 1,40 m Tiefgang und insbesondere einen flachen Boden hatte, bei der Wattenfahrt und ablaufendem Wasser jederzeit trockenfallen und mit der Rückkehr der Flut seine Fahrt fortsetzen konnte. Dieses Kümo wurde zu einem Wohnschiff mit Kojen, Küche und Messe umgebaut, erhielt eine Kabine für die Meßeinrichtung und einen Bunker für die Sprengstofflagerung. Ein Schießboot und ein Kabelboot, die mit einem eigenen Ausleger an und von Bord gebracht werden konnten, vervollständigten die mobile Ausrüstung (Bild 1). Wie auch heute noch dienten zur gegenseitigen Verständigung zwischen diesen drei Einheiten kleine Handfunksprechgeräte und für den Sprechverkehr mit dem Truppbüro an Land weiterreichende Sender-Empfänger; eine Radio-Telephoneinrichtung vervollständigte die Sicherheit und ermöglichte direkte Sprechverbindung mit der Zentrale. Wasserdichte Kabel wurden mit Hydrophonen von Marsh und Marine bestückt, welche dreifach gebündelt pro Spur mittels Schellenbändern außen am Kabel befestigt wurden. Diese Kabel wurden entlang den Meßlinien durch Tiefen (Priele) und Untiefen (flache Bänke) im Wasser ausgelegt. Sie haben den Vorteil, daß sie auf Grund ihres erheblichen Gewichts mit den Hydrophonen schnell auf

den Boden sinken und auch bei mäßiger Strömung ihre Lage nicht verändern. Ihr Nachteil ist, daß sie nach jedem Schuß eingeholt und neu ausgelegt werden müssen, und das alles in anstrengender Handarbeit auf schwankendem Boot. Es sei vorweggenommen, daß nach Einführung des



*Flachwassertrupp im Jahre 1959  
(Bild 1)*

Streamers für Flachwassermessungen das sogenannte Grundkabel für evtl. spezielle Aufgaben bis zum heutigen Tage zur Standardausrüstung eines Flachwassertrupps gehört; dasselbe gilt übrigens für Landkabel mit Geophonen. Zwischenzeitlich wurde für Aufgaben mit beschränkter Zielsetzung, wie z. B. bei Flußüberquerungen oder Messungen in extrem flachen Wattgebieten, ein kleiner Katamaran mit aufgesetzter Meßkabine verwendet, der später noch für die Herstellung von Schußbohrlöchern benutzt wurde; er hatte einen Tiefgang von nur etwa 40 cm. Auch war es naheliegend, ein Amphibienfahrzeug als Meß- und Kabelwagen einzusetzen, doch zeigte sich bald, daß seine Verwendbarkeit wegen allorts vorhandener Schlickgebiete sehr begrenzt war.

Als Bindeglied zwischen Land- und Seemessungen blieben die seismischen Flachwasseruntersuchungen nicht auf die Wattengebiete zwischen dem Festland und den vorgelagerten Inseln beschränkt, sondern führten auch in die offene See. Erfahrungsgemäß lassen sich Seemessungen mit einer Hochseeausrüstung, wie sie z. B. von PRAKLA benutzt wird, rationell nur in Gebieten durchführen, wo genügend lange Profile mit Wassertiefen nicht unter 10 m zu messen sind.

Der Tiefenbereich 0 bis 10 m vor der Küstenlinie ist die „Domaine“ der Flachwassermessungen. Das schließt natürlich nicht aus, daß Priele, Senken und Fahrwasser größerer Tiefe in unsere Messungen einbezogen werden.

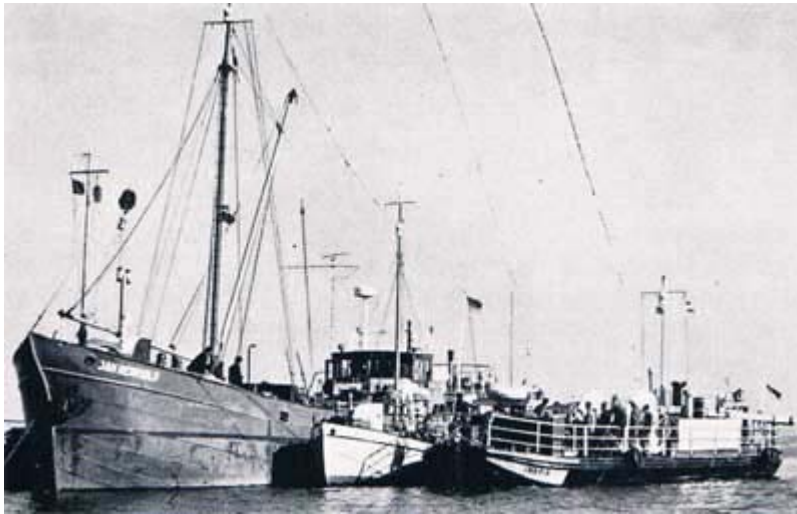
*Der Streamer wurde anfangs von Hand vom  
Kümo ausgelegt (Bild 2)*



#### **Mit der Einführung des Streamers von der Drei-Schiff-Methode zur Zwei-Schiff-Methode**

Ein entscheidender Durchbruch zu wirtschaftlicherer Arbeitsweise war die Einführung des Oel-Streamers für die Flachwasserseismik, wie ihn auch PRAKLA bei Hochseemessungen benutzt. Der Oel-Streamer ist ein Kabel mit eingebauten Druckempfängern für 24 Spuren und 32 Hydrophonen pro Spur sowie 5 über die ganze Länge gleichmäßig verteilten Wasserschallempfängern. Der Hydrophongruppenabstand beträgt jedoch nur 50 m gegenüber 100 m beim Hochseekabel. Mit der Verwendung des Streamers änderten sich erneut die Ausrüstung und die Methode. Anfangs wurde er noch von Hand vom Meßwohnschiff ausgelegt und gezogen (Bild 2). Da sich aber zeigte, daß er auch in Wassertiefen geringer als 2 m benutzt werden kann, mußten für seinen vielseitigen Einsatz genügend große und doch flachgehende Fahrzeuge vorgesehen werden. Als solche boten sich Prähme an.

Das Kümo diente nurmehr als Wohn- und Sprengstofflagerschiff, das seinen Platz irgendwo im Arbeitsgebiet haben kann, während der Meßprahm und ein Schießboot die Arbeitseinheiten darstellen. Der Prahm erhielt eine Meßkabine, nahm die Kabeltrommel mit dem Streamer auf und wurde mit einem eigenen Antrieb ausgerüstet.



*Flachwassertrupp 1967, von links nach rechts: Kümo „Jan Reinhold“, Schießkutter „Westerheide“, Meßschute „Ingrid“ (Bild 3)*

Dieser bestand zunächst in zwei 40 PS Johnson-Außenbordmotoren und ist später durch einen bzw. zwei Schottel-Navigatoren ersetzt worden. Folgerichtig mußten auch der Fahrleiter und alle Navigationsmittel ihren Platz auf dem Meßprahm erhalten. Dazu gehören der Decca-Navigator, Entfernungsmesser, Sextant und Echograph zur Registrierung der Wassertiefe sowie die Aufzeichnung der Schallimpulse der entlang dem Streamer verteilten Wasserschallempfänger. Als Schießboot wird jetzt je nach Einsatzgebiet ein Kajütboot oder ein kleiner Kutter verwendet (Bild 3). Um den Übergang von Wasser- zu Landmessungen und auf Sandbänken zu erleichtern und zu beschleunigen, kann der Prahm einen Kabelwagen (z. B. Unimog S) ebenfalls an Bord nehmen (Bild 4). In Wassertiefen von mehr als etwa 5 m unterscheidet sich die Arbeitsweise nicht mehr von der bei Hochseemessungen, nur daß das Meß- und das Schießschiff ihrem Anwendungsbereich gemäß einen Tiefgang von nicht mehr als etwa 60 cm haben. Der Streamer wird ausgefahren und in gleichbleibender Geschwindigkeit gezogen; der Vermesser hat seinen Platz neben dem Kapitän des Meßschiffes und beobachtet und korrigiert den Kurs. Zu diesem Zweck hat er vorher auf dem track plotter (Fahrtschreiber), der mit dem Decca-Gerät gekoppelt ist, die Meßlinie mit den vorgesehenen Schußpunktständen eingetragen. Die Schüsse werden in den vorgegebenen Abständen durch Funkauslösung abgetan. Um bei geringeren Wassertiefen Störschwingungen zu vermeiden, die durch das Schleppen des Streamers über dem Boden auftreten können, wird in diesem Falle vor jedem Schuß kurz gestoppt.



*Meßschute „Ingrid“ mit Hilfsboot „Hedwig“; auf dem Vordeck U-Schienen zur Aufnahme des Unimogs im Hintergrund; Einmessung mit Entfernungsmesser. (Bild 4)*

Die Einführung der Methode der Mehrfachüberdeckung bedingt eine so hohe Dichte der Schußfolge, daß man sich die Anwendung der Streamer-Methode nicht mehr fortdenken kann. Sind Strömungen vorhanden, so wird tunlichst gegen die Stromrichtung gearbeitet. Erlaubt dies die Profilrichtung nicht, so beschränkt man sich bei Messungen quer zum Tidenstrom auf die kurzen Zeiten des Stauwassers, so daß nur noch in sehr seltenen Ausnahmefällen auf ein Grundkabel zurückgegriffen werden braucht.



In ausgesprochen flachen Gebieten, in denen durch den Gezeitenhub Teilbereiche trockenfallen, wird die Navigation allein nach Anzeige des Decca-Gerätes zu ungenau infolge der unterschiedlichen Ausbreitungs-Geschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen über wasserbedeckten und wasserfreien Gebieten. Um die insbesondere für die Methode der Mehrfachüberdeckung erforderliche Genauigkeit der Einmessung sicherzustellen, werden die Meßlinien durch einen zusätzlichen Topographen vorher durch Rückwärtseinschnitte nach ortsfesten Zielpunkten und mit Hilfe eines Entfernungsmessers durch Meßstangen oder an Ankern befestigte Bojen abgesteckt (Bild 4 und 5).

**Einmessung mit Sextant und Meßstangen  
(Bild 5)**

### Schieß- und Bohrtechnik



**Spülbohrarbeiten mit Wattkarren (Bild 6)**

Einen wichtigen Bestandteil der Flachwasserseismik bildet die Schieß- und Bohrtechnik. Wenn der Meeresgrund mit zu mächtigen Schlickschichten bedeckt ist, es zweckmäßig, die Sprengladungen in Bohrlöchern unterhalb der Schlickschicht abzutun. Man bringt Sprengladungen ebenfalls in Bohrlöcher, wenn die Wasserbedeckung auch bei Flut nicht für eine zufriedenstellende Energieabgabe ausreicht. In den Niederlanden besteht sogar die Vorschrift, daß bei Wassertiefen von weniger als 2 m die Sprengungen aus Bohrungen abgetan werden müssen.

Soweit es die Gegebenheiten zulassen, werden Profile oder Profilabschnitte, auf denen gebohrt werden muß, vorbereitet, während die Meßeinheit auf einem anderen Profil arbeitet.

In trockenfallenden Gebieten werden die Spülbohrgeräte mit kleinen Booten an Ort und Stelle geschafft. Für den Weitertransport stehen Wattkarren oder für Schlickgebiete Wattschlitten zur Verfügung (Bild 6 und 7). Mit auflaufendem Wasser werden die geladenen Bohrungen abgetan und registriert. Besonders schwierig wird diese Arbeit, wenn der Schlick sehr weich ist und die Leute bis an den Bauch einsinken. Der Dollart ist dadurch für unsere Männer besonders berüchtigt geworden. In Regionen, die nicht trockenfallen, werden die Bohrarbeiten von einem Bohrprahm aus durchgeführt, dessen Plattform einen Durchlaß für den Spülschlauch oder die Bohrröhre hat; während der Bohrarbeit muß er allseitig fest verankert sein. Es ist verständlich, daß gerade diese Bohrarbeiten einem flüssigen Arbeitsfortschritt sehr hinderlich sind. Außerdem gibt es Gebiete, in denen zum Schutz der Süßwasserschichten gegen das Seewasser Bohrarbeiten untersagt sind, wie z. B. im Rhein-Mündungsgebiet.



*Transport des Bohrgerätes mit Wattschlitten (Bild 7)*

Da die sprengstofflosen Energieerzeugungsmittel wie Luft- oder Gaskanone oder Sparker für sehr geringe Wassertiefen noch nicht geeignet sind, wurden vor zwei Jahren Versuche mit Nitropentaschnur (Schießschnur) aufgenommen, die sehr schnell zu guten Erfolgen führten. Bei unseren vorjährigen Messungen im IJsselmeer war sie überhaupt die einzige von den holländischen Behörden genehmigte Energiequelle. Ihre Anwendung im Wasser bedingte jedoch eine Abänderung der Schießtechnik.

Während bei der jetzt ausschließlich in Anwendung befindlichen Methode der Mehrfachüberdeckung das Schießschiff am Ende des Meßkabels fährt und seine Sprengladungen im richtigen Abstand vom Streamer abtut, indem dieser durch eine an einer Verlängerungsleine befestigte Schwimmboje kenntlich gemacht ist, muß die Nitropentaschnur dem Streamer voraus abgetan werden, wobei von dem vorausfahrenden Schießschiff die Sprengschnur zu Wasser gelassen und zuletzt mit dem Zünder scharf gemacht wird, so daß die Detonation der Sprengschnur entgegen der Fahrtrichtung auf den Streamer zu erfolgt. Um auch hier die richtigen Abstände der Sprengladungen von der ersten Hydrophongruppe einzuhalten, behilft man sich zur Markierung mit Fahnenzeichen und am Streamer und der Sprengschnur befestigten Ballonen. Es leuchtet ein, daß in diesem Falle die Anlaufänge zwischen der Meßschute und dem mit Hydrophonen besetzten Streamer größer sein muß als der größte zu verwendende offset in line, das ist die Entfernung des Schusses von der ersten Hydrophongruppe.



*Einpflügen von Nitropentaschnur (Bild 8)*

Die Anwendung von Sprengschnur ist ebenfalls sehr vorteilhaft in Poldergebieten und auf Sandbänken. Im letzteren Falle wird der vorerwähnte Kabelwagen gleichzeitig als Zugmaschine für einen kleinen Pflug benutzt, mit welchem während des Niedrigwassers Furchen zum Einlegen der Nitropentaschnur gepflügt werden (Bild 8). Die Schnur in der Furche wird mit Sand abgedeckt und scharf gemacht. Mit wiederkehrender Flut werden die so präparierten Schußpositionen abgeschossen und registriert.

### Kontinuierliche Land-Wassermessung

Kombinierte Land-Wasseranschlüsse sind grundsätzlich von einem Flachwassermeßtrupp als von einem Landtrupp auszuführen. Hierbei ist wichtig, daß man mit aufkommendem Hochwasser auf das Land zumißt, um bei Stauwasser die Verlängerung des Streamers mit dem Landkabel und den Geophonen durch an Stangen hochgelegten Anschlüssen herzustellen. Selbst bei ruhigem Wetter müssen der Meßprahm und die Hilfsboote sehr achtsam und geschickt manövrieren, um die Brandung zu überwinden. Die Überquerung der Schmalseite einer Insel oder einer Sandbank gelingt auf diese Weise - insbesondere mit der Methode der Mehrfachüberdeckung - ohne Bohraufwand, indem entlang der ruhenden Auslage Streamer Landkabel im Wasser mit variablem offset geschossen und damit, wie wir es nennen, die Insel unterschossen wird.



*Messungen im zugefrorenen Ijsselmeer  
(Eisdicke ca. 30 cm)  
(Bild 9)*

Das alles steht jedoch unter erheblichem Zeitdruck; diese Meßreihe muß noch während des Stauwassers beendet sein, da andernfalls bei ablaufendem Wasser das Streamerende schnell trockenliegen würde. Verständlicherweise ist es daher besonders unangenehm und ärgerlich für die Mannschaft, wenn trotz gutem Zusammenspiel und guter Vorbereitung wertvolle Zeit nur deshalb verlorengelht, weil die Kaninchen in den unübersichtlichen Dünen sich am Kabel zu schaffen machen und Geophonspuren ausfallen. Ist das Stauwasser verpaßt, kann bestenfalls mit der übernächsten Tide, also ca. 26 Stunden später, ein neuer Anlauf unternommen werden.

### Rückblick über die letzten 10 Jahre

In den Jahren 1959 bis 1961 hat SEISMOS alljährlich mit einer und ab 1963 mit wenigstens zwei Flachwassermeßgruppen gearbeitet. Die Höchstzahl betrug im Jahre 1964 sieben Meßtrupps. Der Arbeitsbereich erstreckte sich entlang der Nordseeküste von der deutsch-dänischen Grenze über die deutsche Bucht und die Ost- und Westfriesischen Inseln bis zum Rheindelta in Holland. Im Ijsselmeer wurden sogar während eines Winters Eisbrecher eingesetzt, um auf den Profilen der Meßgruppe voraus das Eis in Schollen zu zerbrechen. Die Messungen wurden seinerzeit allerdings noch mit dem Grundkabel ausgeführt (Bild 9).

Nachdem wir bereits vor einigen Jahren in der Ostsee rund um die Insel Fehmarn und in der Lübecker Bucht gemessen hatten, läuft zur Zeit ein Auftrag in dänischen Gewässern zwischen den Inseln Seeland und Lolland sowie östlich der Insel Seeland. Da hier erstmalig mit 12fach-Überdeckung gearbeitet werden muß, ist es besonders wichtig, auf eine nicht zu langsame Schußfolge bedacht zu sein, um die Gefahr der Abdrift durch Wind und die auch hier nicht zu unterschätzenden Strömungen klein zu halten. Aus diesem Grunde wird mit zwei Schießschiffen gearbeitet, die alternierend je 3 Schußpunkte nacheinander abtun.

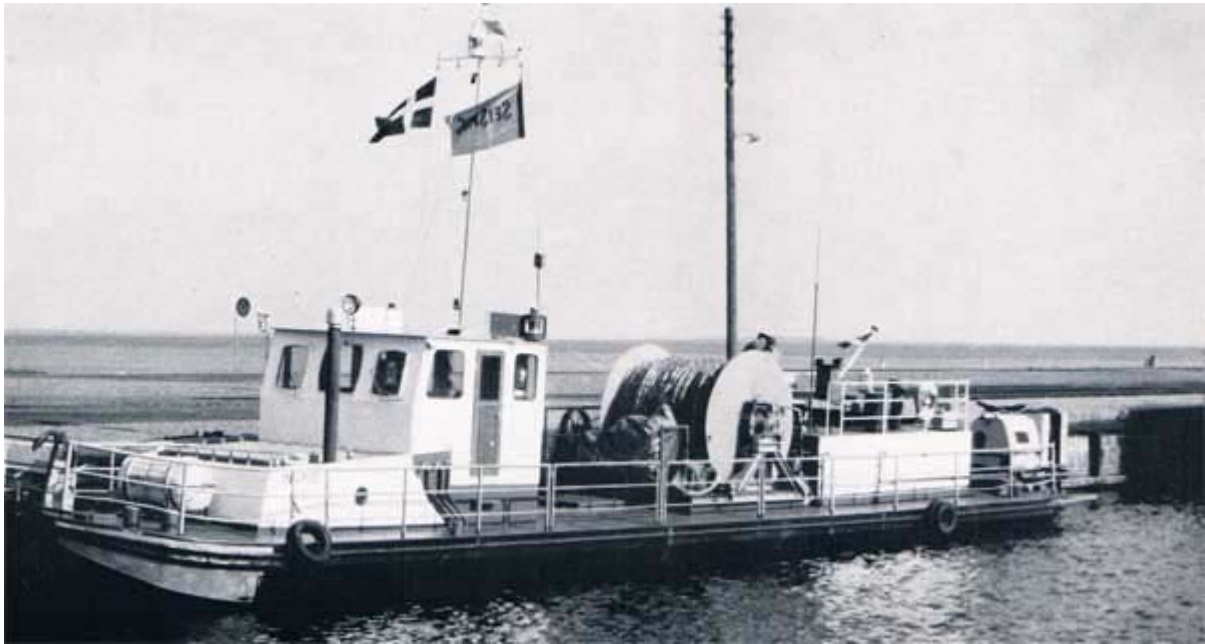
**Schlussbemerkungen**

Wenn auch die Flachwasserseismik als Bestandteil der angewandten Seismik sich alle technischen und methodischen Neuerungen, wie insbesondere die digitale Registrierung mit Funkschußauslösung und die Mehrfachüberdeckung, zunutze gemacht hat, so war, ist und wird ihr Merkmal bleiben:

**Mit den Gezeiten, den Strömungen und den Winden leben.**

Durch ihre Gegebenheiten bestimmt sich die Reihenfolge, der Ablauf und das Tempo des Meßprogramms. Das erfordert Erfahrung, Wartenkönnen wie entschlossenes Handeln und ein hohes Maß von verantwortungsvoller und kameradschaftlicher Zusammenarbeit.

**Rühmkorf**



*Meßschute "Ingrid" nach dem Umbau 1969  
(Bild 10)*