

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

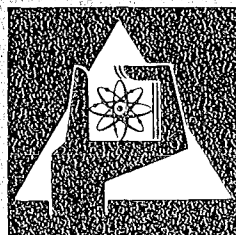
Mai 1977

KFK 2224

Abteilung Reaktorbetrieb und Technik

**Ein In-situ-Analysensystem zur Exploration von
Manganknollen**

J. Lange, U. Tamm



**GESELLSCHAFT
FÜR
KERNFORSCHUNG M.B.H.**

KARLSRUHE

Als Manuskript vervielfältigt

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

KFK 2224

Abteilung Reaktorbetrieb und Technik

EIN IN-SITU-ANALYSENSYSTEM ZUR
EXPLORATION VON MANGANKNOLLEN

J.Lange

U.Tamm

Gesellschaft für Kernforschung mbH, Karlsruhe

Zusammenfassung

Mit dem vorliegenden Bericht soll ein Überblick über die seit 1972 im Kernforschungszentrum Karlsruhe durchgeführten Arbeiten zur Erstellung einer geeigneten Schleppsonde für das ebenfalls in Karlsruhe entwickelte In-situ-Verfahren zur Analyse von Manganknollen und die mit dieser Anordnung vorgenommenen Versuche gegeben werden.

Nähere Einzelheiten, detaillierte Ergebnisse und ein Ausblick auf weitere Entwicklungsmöglichkeiten sind im z.Z. entstehenden Bericht "Manganknollenanalysensystem - 'MANKA' (Abschlußbericht)" zu finden.

Abstract

An In-situ-Analysis System for the Exploration of Manganese Nodules.

In this report a summary will be given about development, construction and tests of a sledlike bottom device for the in-situ-analysis of manganese nodules, designed in the Nuclear Research Center of Karlsruhe.

More details, final results and an outlook on further development can be found in the report: "Manganese Nodules Analysis System - 'MANKA' (Final Report)".

<u>I n h a l t</u>	Seite
1. Einleitung	4
2. Integriertes Explorationssystem	4
3. Schleppsonde zur In-situ-Analyse	5
4. Tests	7
5. Einsatzziele	9
6. Pazifik-Erprobung	10
7. Ergebnisse der Pazifik-Erprobung	12
8. Anpassungsmöglichkeiten	13
Literaturverzeichnis	14

1. Einleitung

Durch die Entdeckung von marinen Erzlagerstätten, insbesondere der großflächigen Manganknollenfelder in der Tiefsee, ist ein Reservoir erschlossen worden, das für den ständig weltweit steigenden Bedarf an mineralischen Rohstoffen genutzt werden kann /1/. Dabei spielen der Gehalt von Nickel, Kupfer und Kobalt in den Manganknollen in absehbarer Zukunft die größte Rolle, da sich eine Erschöpfung der terristischen Vorkommen dieser Erze abzeichnet. Die Abb.1 zeigt einen Ausschnitt eines Manganknollenfeldes mit einer hohen Belegungsichte.

Um einen wirtschaftlichen Abbau der Manganknollen vornehmen zu können, ist eine genaue Kenntnis der Wassertiefe, der Topographie, der Metallgehalte, der Belegungsichte, der Knollengröße und -form in Zuordnung zur Position notwendig. Durch In-situ-Methoden können diese Lagerstättendaten ohne die zeitraubenden und aufwendigen Probenahmeporgänge, bedingt durch die Wassertiefen bis zu 6000 m, ermittelt werden.

2. Integriertes Explorationssystem

Das Endziel der Entwicklung eines Systems zur Erfassung aller abbaurelevanten Daten stellt ein integriertes Manganknollen-Explorationssystem nach Abb.2 dar, bestehend aus zwei Schleppkörpern und einem Schiff, das hinsichtlich Navigation, Antriebsleistung sowie Platzverhältnissen für Geräteträger, Windenanlage, Datenverarbeitung und Handling bestimmte Voraussetzungen erfüllen muß /2,3/. Der obere Schleppkörper, der sogenannte SEP (Seilendpunkt), dämpft die vom Kabel kommenden Störungen auf den unteren Körper ab, der mit dem SEP über ein auftriebsneutrales Schleppkabel verbunden ist. Außerdem kann er Sonargeräte zur Hinderniserkennung, zur Feststellung der Bodentopographie und zur Navigation tragen. Der untere Schleppkörper ist bodenabstandsgesteuert und ist der eigentliche Geräteträger für TV- und Fotoanlage, Sonargeräte und Meßsysteme der jeweiligen Benutzer, wie z.B. das In-situ-Analysensystem.

Das Koaxialschleppkabel könnte dabei in einer Endform mit Fairings verkleidet werden, so daß Schleppgeschwindigkeiten bis ca. 6 kn bei einer Wassertiefe um 6000 m erreicht werden können.

Bei der Erstellung des Deep-Tow-Systems /6/ durch die Fa. Dornier System als Hauptauftragnehmer wird z.Z. ein Teil eines solchen Explorationssystems realisiert, das den SEP, ein neues Koaxialschleppkabel, entsprechende Windenanlage mit Wave Compensator und Handlingshilfsmittel umfaßt.

3. Schleppsonde zur In-situ-Analyse

Als Zwischenstufe einer solchen Entwicklung wurde bei der Gesellschaft für Kernforschung eine Schleppsonde gebaut, mit der insbesondere die Funktionstüchtigkeit des In-situ-Analyseverfahrens unter Tiefseebedingungen nachgewiesen werden sollte /4,5/. Das Analyseverfahren basiert auf dem Prinzip der neutroneninduzierten Gammamethode, wobei ein Milligramm Cf-252 als Neutronenquelle und ein auf 80 K gekühlter Reinst-Germanium-Detektor zum Nachweis der γ -Strahlen benutzt werden /6/. Die Konzentrationen von Mn, Fe, Ni, Co und Cu in den Manganknollen können mit diesem Verfahren bestimmt werden.

Eine Transmissionsmessung mit Hilfe von Th-228 als Gammaquelle zur Bestimmung der Schüttdichte im Analysengefäß ergänzt die Meßanordnung.

Die Abb.3 zeigt den Aufbau und die Abmessungen der Schleppsonde, die in Luft ca. 4,5 Mp und im Wasser ca. 3,4 Mp wiegt. Alle Komponenten, ausgelegt für 6500 m Meerestiefe, sind auf einen Geräteträger montiert, der in dem hydrodynamisch ausgelegten äußeren Schleppgestell federnd eingehängt ist.

Die Manganknollen werden hydraulisch von dem Saugkopf am beweglichen Saugrüssel in das Analysengefäß gefördert, nachdem sie an einem Separator vom Tiefseeton befreit wurden.

Als Antrieb dient ein druckausgeglicher Unterwassermotor mit 5,5 kW Leistung, der eine Einkanalradpumpe betreibt.

Mit einem zweiten Motor mit nachgeschaltetem Getriebe wird die Klappe am Boden des Analysengefäßes betätigt, über die die Knollen nach erfolgter Analyse wieder ausgestoßen werden (Zykluszeit ca. 15 Min.).

Im Zentrum des Analysengefäßes ist die Spannzange angeordnet, in der die druckfest gekapselte Cf-252 Quelle mit 10 mm Außendurchmesser pneumatisch beim Einsatz in die bereits im Wasser befindliche Sonde eingeschossen wird. Dadurch wird eine Strahlenbelastung der Schiffsbesatzung beim Handling ausgeschlossen.

Drei Druckkugeln mit 560 mm Innendurchmesser, warmgepreßt aus der Titanlegierung Ti Al6 V4, nehmen die Steuer- und Meßelektronik, die Sender und Empfänger der Datenübertragungseinrichtung und den He-Kompressor zur Kühlung des Ge-Detektors auf. Eine kleinere Druckkugel mit Zylinderzwischenstück umgibt den Kryostaten mit Ge-Detektor und Verstärker und ein Druckzylinder den NaJ-Detektor für die γ -Transmissionsmessung. Alle Druckbehälter sind untereinander durch Rohrleitungen zur Aufnahme von Kabeln verbunden, die jeweils an Ringen, die zwischen den Halbkugeln sitzen, angeflanscht sind. Diese Zwischenringe dienen auch dazu, die entstehende Verlustwärme in den Kugeln besser an die Umgebung abzuführen.

Das elektrische System wird durch den ebenfalls druckausgeglichenen Einphasentransformator ergänzt, der die über das Koaxialschleppkabel übertragene Spannung von 6 kV/2 A auf 220 V und 110 V heruntertransformiert.

Verschiedene Sensoren, die Temperatur, Bodenkontakt, Wasserdruck, Klappenstellung, Lagewinkel und Beschleunigungen überwachen, geben Aufschluß über das Verhalten der Schleppsonde im Wasser und beim Bodenschlepp.

Die Datenübertragung muß in digitalisierter Form mittels Puls-Code-Modulation erfolgen, da das Koaxialschleppkabel von 8 km Länge und 18,5 mm Durchmesser gleichzeitig die Sonde mit Hochspannung versorgt. Es werden je Sekunde von der Sonde zum Schiff 140 kBit Meßdaten und vom Schiff zur Sonde 16 Bit Steuerbefehle im Frequenzbereich von 16 bis 128 kHz übertragen.

Ein Rechner vom Typ PDP 11/40 wertet an Bord alle Daten aus, überwacht den Sondenbetrieb und gibt die Steuerbefehle mit Hilfe eines Programms an die Sonde weiter. Zur Erhöhung der Sicherheit des Systems bei Rechnerausfall können über eine Steuer- und Kontrolleinheit alle Befehle zusätzlich eingegeben, die Sonde überwacht und die Meßdaten mit einem Display angezeigt und zur nachträglichen Auswertung auf Magnetband gespeichert werden.

4. Tests

Zur Überprüfung der Tiefseetauglichkeit der Komponenten und des Gesamtsystems war es notwendig, eine Reihe von Versuchen durchzuführen. Hierbei sollte geprüft werden, ob alle vorgegebenen Daten eingehalten werden können.

- In der Nordsee vor Helgoland wurde die Schleppsonde mit simulierten Einbauten von Bord des Forschungsschiffes "Valdivia" aus eingesetzt, nachdem ein vorausgegangener Hafeneinsatz in Bremerhaven erfolgreich verlaufen war. Es wurde sowohl das hydrodynamische Verhalten gegenüber früher durchgeführten Modellversuchen bestätigt als auch das Ein- und Ausschleusen der Neutronenquelle getestet.
- Nachdem eine teilweise Verstärkung der Verkleidung des Schleppgestells vorgenommen wurde, konnte eine weitere Versuchsreihe vor der Westafrikanischen Küste durchgeführt werden. Hier zeigte sich wie beim vorangegangenen Einsatz, daß beim Hieven der Schleppsonde während der letzten hundert

Meter Lastspitzen bis zu 12 Mp auf Grund der Heckbewegungen des Schiffes auftraten, was bei einer Bruchlast des Koaxialschleppkabels von 17,7 Mp die Gefahr eines Kabelbruches nicht ausschließt. Als Ergebnis dieser Versuche wurden Meßwerte über das dynamische Verhalten gewonnen und eine Handlungsanweisung erstellt.

- Bei den Norddeutschen Seekabelwerken wurden alle Druckbehälter, der Sondentransformator, die Pumpenmotoren und der Klappenmotor mit Getriebe bis zu einem Druck von 600 bar geprüft. Gleichzeitig wurde eine Funktionsprüfung der elektrischen Komponenten unter Druck vorgenommen.
- Da beim Handling der Schleppsonde an Bord des Schiffes und während des Transports Stöße auftreten können, wurde gefordert, daß alle Einbauten ihre Funktionsfähigkeit bis zu Beschleunigungen von 1,5 g behalten müssen. Hierzu wurden das Gamma-Spektrometer, die Detektoren und die elektronischen Bauteile umfangreichen Beschleunigungstests, teilweise bis zu 3 g, auf einem Rütteltisch bei unterschiedlichen Frequenzen unterworfen. Zum Teil wurden diese Tests bereits bei den Lieferfirmen vorgenommen.
- Auf dem Schlingerstand der GKSS in Geesthacht wurde ein Funktionstest des Kühlsystems mit Kryostat und Germanium-Detektor durchgeführt. Es konnte nachgewiesen werden, daß beim Schleppen der Sonde möglicherweise auftretende Beschleunigungen bis zu 0,8 g die Funktion des Kühlsystems und die Auflösung des Germanium-Detektors nicht beeinträchtigen.
- Bei einer weiteren Testreihe wurde der vollständig bestückte Geräteträger dynamischen Belastungen unterworfen, wie sie beim Schleppen auf dem Meeresboden erwartet werden. Der Geräteträger befand sich dabei, an Federn aufge-

hängt wie im Schleppgestell, in einem mit Salzwasser gefüllten Becken und wurde mit einem Tieflader über eine speziell vorbereitete Rüttelstrecke gezogen. Die dabei gemessenen Manganknollen-Spektren zeigten, daß die Analysengenauigkeit sich während des Schleppvorgangs gegenüber den im Labor erzielten Werten nicht verschlechtert.

5. Einsatzziele

Nach diesen umfangreichen Vorversuchen war als nächster Schritt der Einsatz der Schleppsonde in einem Manganknollen führenden Gebiet im Pazifik notwendig, bevor ihre Komponenten in einer nächsten Stufe in den bodenabstandsgesteuerten Schleppkörper integriert werden können. Hierbei sollten im wesentlichen folgende Ziele erreicht werden:

- Alle Einzelkomponenten für das hochauflösende Gamma-Spektrometer, wie Germanium-Detektor mit Kryostat, Helium-Kältemaschine und Elektronik, wurden speziell zum Einbau in die Druckbehälter entwickelt. Es sollte der Nachweis erbracht werden, daß diese Komponenten beim Schleppen in der Tiefsee einwandfrei funktionieren.
- Die Genauigkeit der Konzentrationsbestimmung der Manganknollen darf durch eine Verschlechterung der Auflösung des Gamma-Spektrometers während des Schleppens gegenüber den Ergebnissen der Laborversuche nicht wesentlich beeinträchtigt werden.
- Die Übertragung der Meßdaten und Steuerbefehle darf nicht durch beim Schleppen auftretende Kabelschwingungen, durch Verformungen des Kabels auf Grund dynamischer Zugbelastungen und durch Hochspannungsschwankungen beim Einschalten oder Arbeiten der Unterwassermotoren gestört werden.

- Da es nach bisherigen Erfahrungen immer Schwierigkeiten mit Rechnern an Bord von Schiffen gibt, war parallel zum Rechner die Steuer- und Kontrolleinheit mit Display und Magnetbandgerät entwickelt worden. Es sollte gezeigt werden, daß dieses doppelte System der Dateneingabe, -ausgabe und -speicherung den Bordverhältnissen gerecht wird.
- Das Probennahmesystem zum Aufsammeln der Manganknollen, das zuvor in zwei Wattversuchen in der Nordsee mit Erfolg erprobt wurde, muß auch auf der nicht genau bekannten Bodenstruktur im Einsatzgebiet einwandfrei arbeiten.

6. Pazifik-Erprobung

Das Testgebiet für die Tiefsee-Erprobung der MANKA war südöstlich von Hawaii gelegen, wobei Honolulu als Ausgangshafen für das FS "Valdivia" diente. Außer der MANKA wurden eine Navigationsboje (NAREF-Boje) und ein für die Tiefsee modifiziertes Side Scan Sonar eingesetzt. Die gesamte Ausrüstung wurde daher im Oktober 1976 nach Honolulu verschickt.

Um eventuell aufgetretene Transportschäden zu erkennen und zu beseitigen, wurden Sonde und Rechner sofort nach Ankunft in Honolulu, soweit es ohne Umgebungswasser möglich war, in der Foreign Trade Zone überprüft. Anschlüsse zur Spannungsversorgung der Elektronik ohne Zwischenschalten des Koaxialschleppkabels und der Transformatoren waren für diesen Zweck vorgesehen. Alle Systeme arbeiteten einwandfrei.

Danach wurde das Gesamtsystem nach Installation an Bord des FS "Valdivia" zusammen mit dem Koaxialschleppkabel in Betrieb genommen (s. Abb.4). Schwierigkeiten mit der Spannungsfestigkeit der Übergangsstecker der Drehdurchführung und dem Rechner waren schnell behoben, die Empfänger der Datenübertragungseinrichtung dem Kabel mit Verbindungsstellen angepaßt.

Außerhalb der 12-Meilen-Zone schloß sich nach dem Auslaufen des Schiffes am 13.12.76 der erste Seewassertest an, der zum Training des Handlings und zur Aufnahme von Salzwasserspektren, die zur Kalibrierung der Manganknollen-Analyse notwendig sind, diente. Beides verlief einwandfrei, ca. 25 m Seil wurden ausgestreckt, wobei Lastspitzen bis 14 Mp auftraten. Das Ein- und Ausschleusen der Cf-Quelle war problemlos, ein Funktionstest der Motoren mit Pumpe und Klappenmechanismus brachte keinerlei Schwierigkeiten, die Datenübertragung arbeitete in jeder Phase störungsfrei, die Spektren wurden über den Rechner ausgewertet.

Auf der Anfahrt zum Versuchsgebiet trat ein Rechnerdefekt auf, der dazu führte, daß der Tiefseeinsatz mit Hilfe der Steuer- und Kontrolleinheit per Hand gefahren und die Daten auf Magnetband gespeichert werden mußten.

Durch die Versuche mit dem Side Scan Sonar konnte erst am Einsatztag die elektrische Verbindung zur MANKA wiederhergestellt werden, wonach festgestellt wurde, daß das benötigte Hochvakuum im Kryostat nicht mehr vorhanden war und Störungen der Datenstrecke auftraten.

Nach Abpumpen des Kryostaten, Beseitigen eines Kurzschlusses im Stecker der Drehdurchführung, der durch Eindringen von Luftfeuchtigkeit entstanden war, und Neueinstellung der Datenübertragung wurde am 27.12.76 die Schleppsonde in kürzest möglicher Zeit abgesenkt. Beim Aussetzen traten Lastspitzen bis 15,4 Mp auf, ab ca. 350 m Seillänge stabilisierten sich diese Werte und bei 5000 m Seillänge lagen die Lastspitzen bei Werten von 6,3 bis 7,6 Mp, beobachtet über 1 Minute.

Alle 1000 m, beginnend bei 2000 m Seillänge und während des Fierens wurden Salzwasserspektren aufgenommen. Die Motoren wurden mehrmals getestet.

Bei einer Seillänge von 5034 m und einer Wassertiefe von 3693 m gab es einen Kurzschluß. Messungen zeigten, daß der Kurzschluß entweder im Kabel in Sondennähe oder in der Sonde

vor dem 6 kV-Transformator aufgetreten sein mußte, die Sonde mußte daher an Bord gehievt werden. Bei Erreichen der letzten 700 m Seillänge traten wieder höhere Lastwerte auf, bei 54 m - kurz vor dem Anbordnehmen - riß das Koaxialschleppkabel oberhalb der Seilbefestigung und die Sonde ging verloren.

7. Ergebnisse der Pazifik-Erprobung

Die Ergebnisse des Einsatzes der Schleppsonde im Pazifik lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Komponenten des Gamma-Spektrometers haben während der gesamten Erprobungsdauer einwandfrei gearbeitet.
- Eine Verschlechterung der Auflösung des Germanium-Detektors konnte nicht festgestellt werden. Wie eine erste Auswertung der gemessenen Salzwasserspektren (siehe Abb.5) ergab, blieb deshalb die Genauigkeit der Konzentrationsbestimmung unverändert. Der Schluß ist zulässig, daß auch bei der Analyse von Manganknollen die gleiche Genauigkeit erreicht worden wäre.
- Die Übertragung der Meßdaten und Steuerbefehle erfolgte während der ganzen Dauer des Einsatzes ohne Schwierigkeiten und wurde auch durch die vorhandenen Kabelschwingungen oder das Laufen der Motoren nicht gestört.
- Beim Rechner gab es zwei Ausfälle, von denen der letzte auf See auftrat und mit Bordmitteln nicht behoben werden konnte. Die Meßdaten wurden deshalb auf Magnetband gespeichert bzw. am Display der Steuer- und Kontrolleinheit angezeigt und die Steuerbefehle von Hand über diese Einheit eingegeben. Das Konzept der redundanten Datenein- und -ausgabe und Datenspeicherung erwies sich somit als richtig.

- Die Funktion des Probennahmesystems konnte wegen des Kabelbruchs nicht getestet werden.

8. Anpassungsmöglichkeiten

Mit Blick auf eine Integration der Komponenten der Schleppsonde in den bodenabstandsgesteuerten Schleppkörper ist eine Reduzierung der Abmessungen des In-situ-Analysengerätes wünschenswert, die unter gewissen Voraussetzungen auch durchführbar ist.

Da die Druckkugeln bereits zu Beginn der Sondenentwicklung konstruiert wurden, ist ein maximaler Platzbedarf für die Elektronikeinbauten angenommen worden, der später nicht vollständig benötigt wurde. Außerdem läßt sich durch Verwendung der weiterentwickelten, verkleinerten Integrierten Schaltungen die Größe einiger Elektronikkomponenten wie z.B. der Speicher verringern, so daß eine der Druckkugeln eingespart werden kann.

Das Datenübertragungssystem ist in seiner Kapazität bereits so ausgelegt, daß sowohl die Menge der übertragenen Daten erhöht als auch in einem weiteren Frequenzband Fernseh- und Sonardaten zusätzlich übertragen werden können.

Weitere Anpassungsmöglichkeiten an den Schleppkörper werden im Abschlußbericht diskutiert.

Literaturverzeichnis

- /1/ Mero, J.L.: The Mineral Resources of the Sea. Amsterdam: Elsevier Publ. Company 1965
- /2/ Stegmaier, W., Lange, J., Tamm, U. et al.: Ein integriertes Manganknollen-Explorationssystem. KFK 1957 (1974)
- /3/ Dalchow, K.D.: Ein Multi-Komponenten-Tiefsee-Schleppsystem. In: Fanger, U., Pepelnik, R.: Voraussetzungen für einen Manganknollenbergbau und Anforderungen an ein Tiefsee-Schleppsystem, Geesthacht, 17.10.1974. GKSS 75/I/9 (1975), S. 97 - 108
- /4/ Lange, J., Tamm, U., Würz, H.: Entwicklung einer Schleppsonde zur "in-situ"-Analyse von Manganknollen-Lagerstätten, mt 6 Nr. 2 (1975) S. 50 - 55
- /5/ Lange, J., Biemann, W.: Development of Components for an In-situ-Analysis System for the Exploration of Manganese Nodules. Offshore Technology Conference, Houston, 5. - 8. Mai 1975
- /6/ Würz, H., Eberle, H.: Multielementanalyse von Erzknollen mittels Neutroneneinfang-Gammaspektroskopie. KFK 2160 (1975)

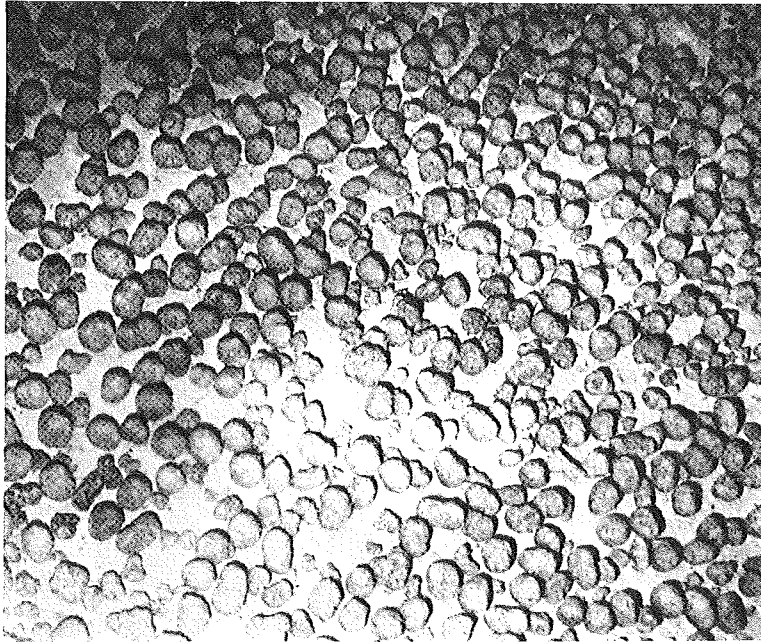


Abb.1: Ausschnitt eines Manganknollenfeldes
hoher Belegungsichte

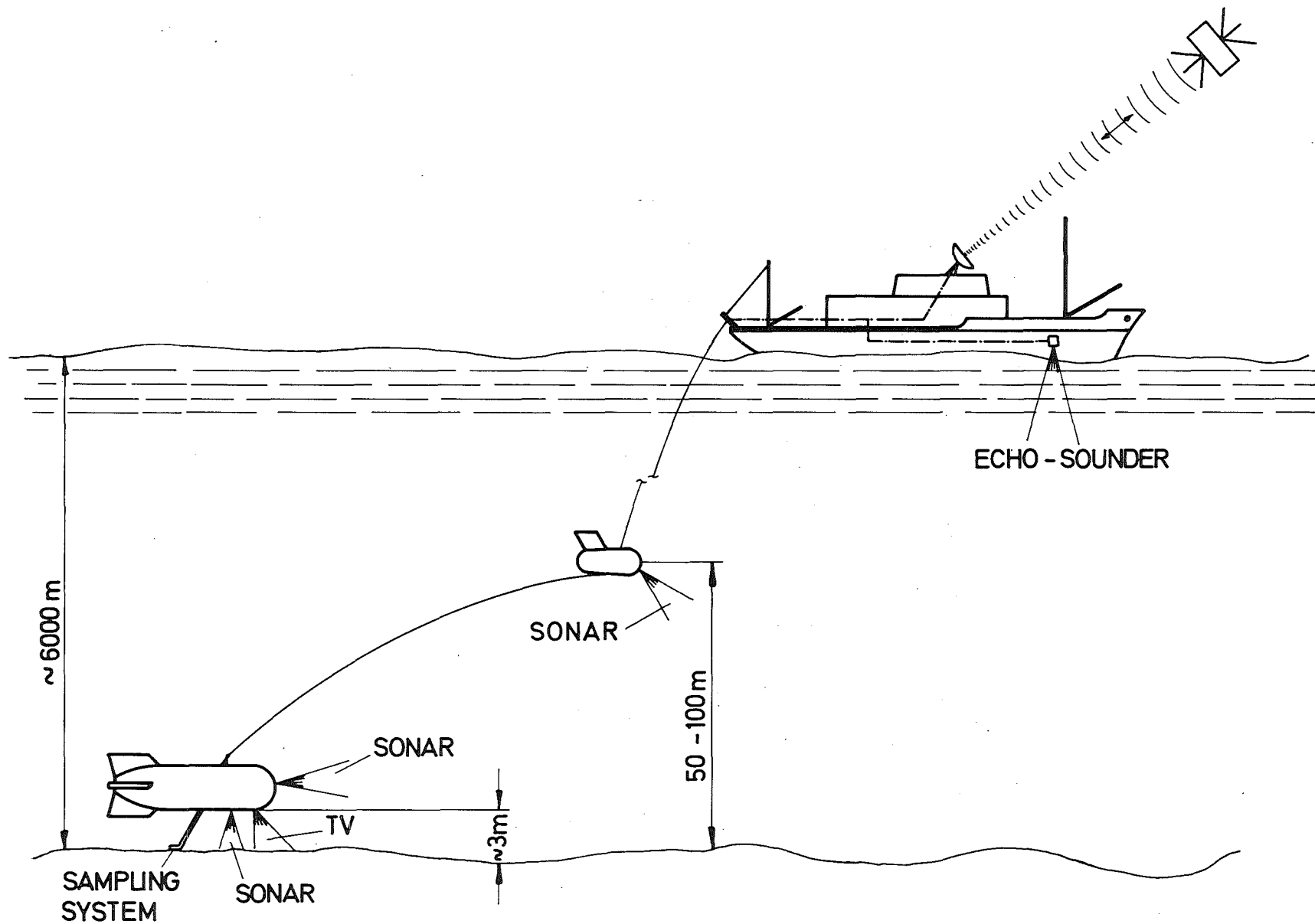
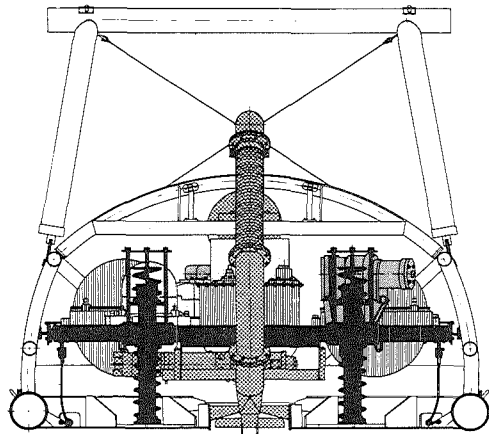
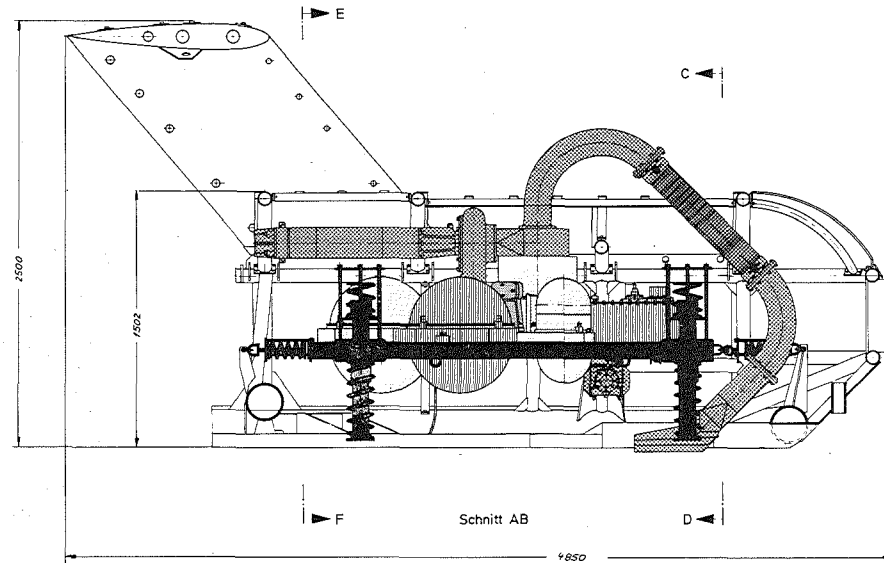


Abb. 2: Ein integriertes Manganknollen-Explorationssystem

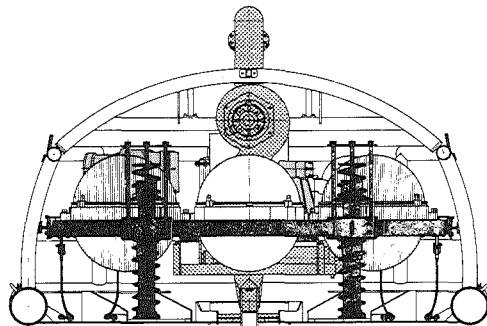


Schnitt CD



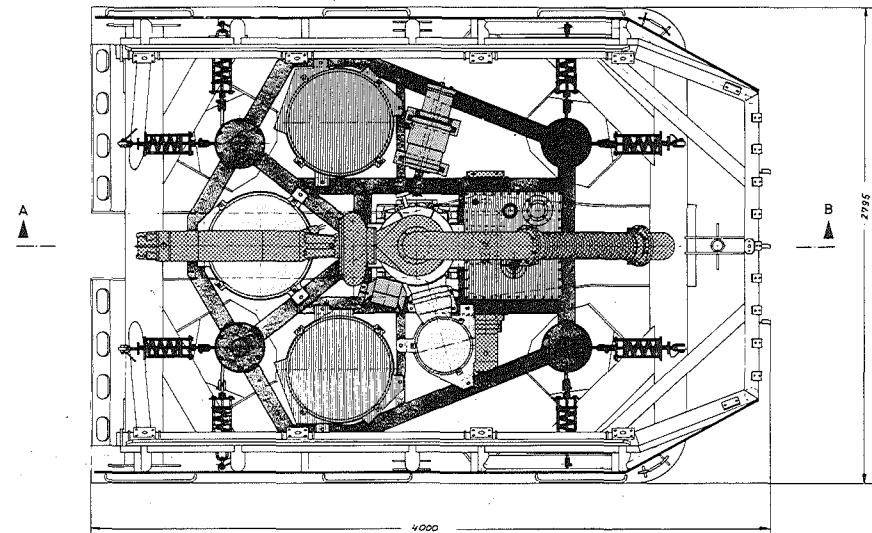
Schnitt AB

- Krollenförder-(Saug-) System
- Analyse - System
- Füllstands- u. Schüttdichte-Meßsystem
- Elektro- u. Elektronik - Bauteile
- Geräterägrahmen
- Außerer Rahmen



Schnitt EF

Alle Schnitte beziehen sich nur auf den Äußeren Rahmen



Zeichnung		Titel		Skala		Blatt		Blatt		Blatt	
Blatt	Blatt	Blatt	Blatt	Blatt	Blatt	Blatt	Blatt	Blatt	Blatt	Blatt	Blatt
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1300 Krollenförder-System Analyse - System Füllstands- u. Schüttdichte-Meßsystem Elektro- u. Elektronik - Bauteile Geräterägrahmen Außerer Rahmen											
Gerät für Manganoelen-Analyse (MANKA 0) ohne Verkabelung											
RB-FACT-0-963											

Abb.3 : Gesamtansicht der Schleppsonde MANKA

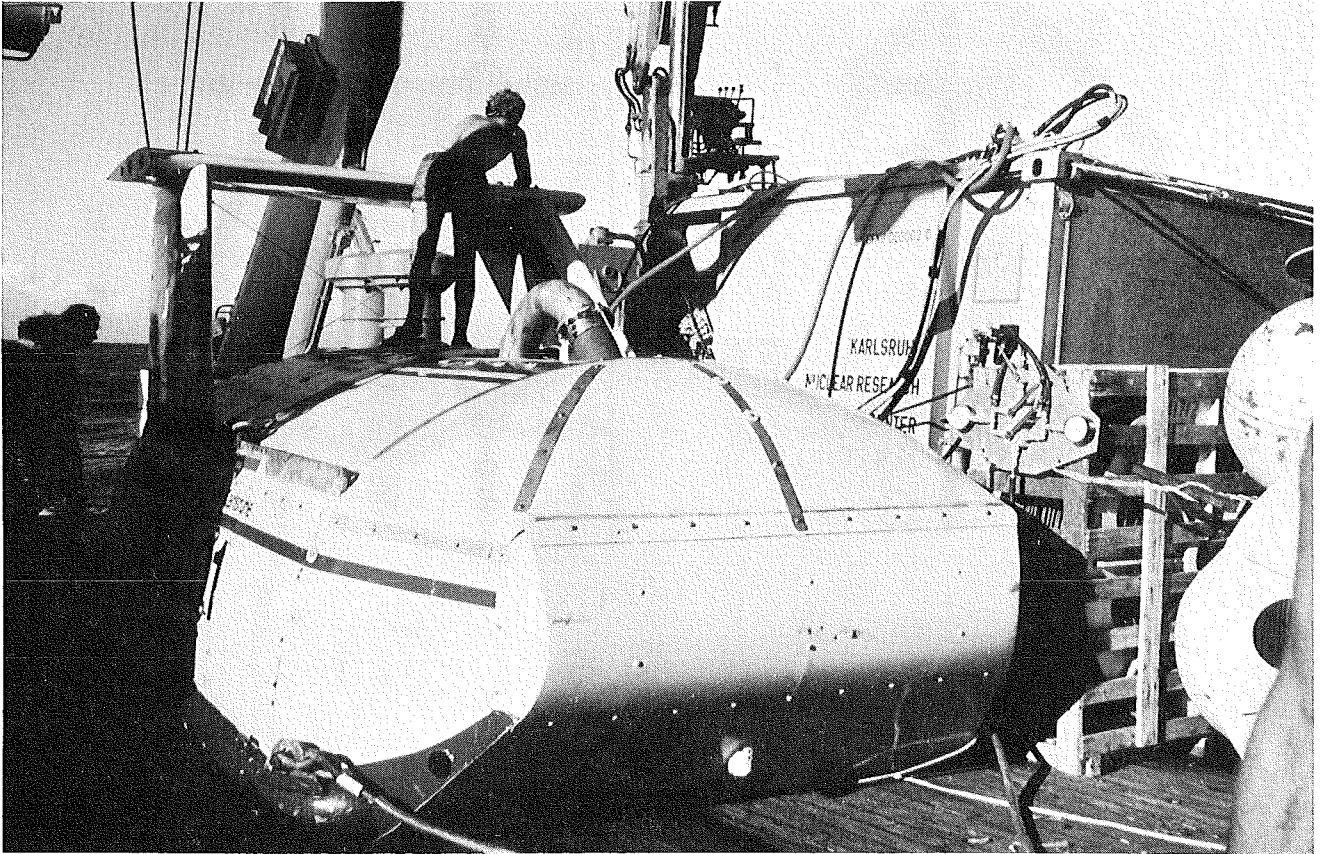


Abb.4: MANKA an Bord der "Valdivia"

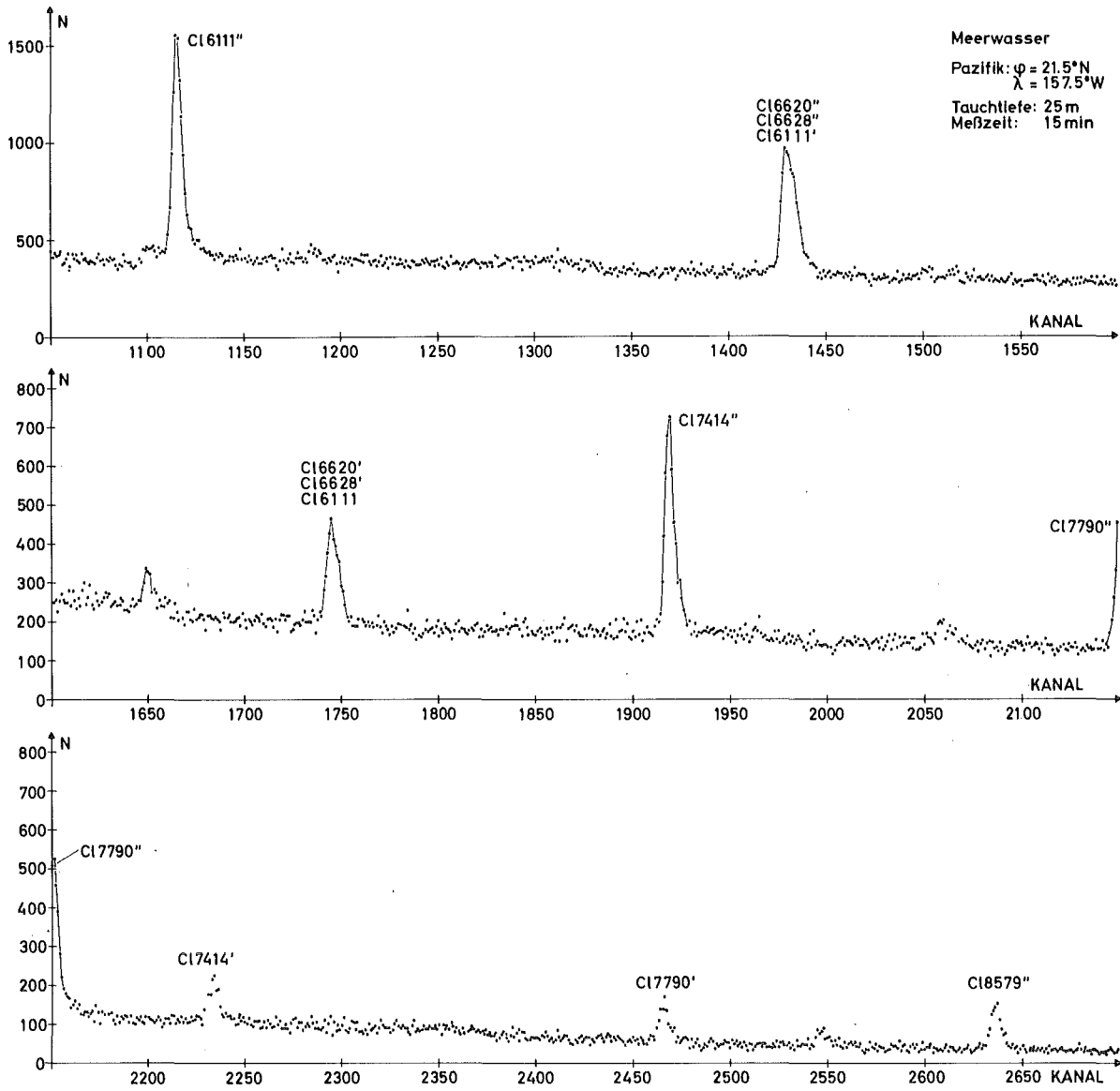


Abb.5 : Ausschnitt aus einem Salzwasserspektrum