

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe



BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE
HANNOVER

B e r i c h t

über

Geophysikalische Untersuchungen in der Sulu See

-- SONNE-Fahrt S0-23 --

11. März 1982 bis 15. April 1982

Manila - Manila

[1]

R e p o r t

of

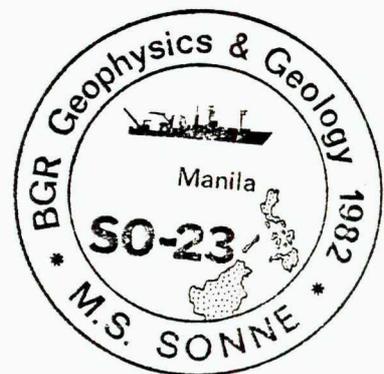
Geophysical studies in the Sulu Sea

-- SONNE Cruise S0-23 --

11 March 1982 to 15 April 1982

Manila - Manila

1. Sachbearbeiter: Dr. K. HINZ
2. Auftraggeber: Bundesministerium für
Forschung und Technologie
3. Datum: Mai 1982
4. Archiv-Nr.: 92 416
5. Tagebuch-Nr.: 10881/82



I N H A L T :

Zusammenfassung

Summary

1. Einführung
2. Regionalgeologische Übersicht und Problemstellung
3. Bathymetrische Übersicht
4. Fahrtverlauf mit Bericht über den Verlauf von Schadensfällen am 22.3.1982 und 27.3.1982
5. Teilnehmer und beteiligte Institute
 - 5.1. Wissenschaftliches Personal
 - 5.2. Schiffsbesatzung
6. Eingesetztes wissenschaftliches Instrumentarium
 - 6.1. Seismik
 - 6.2. Gravimetrie, Magnetik und Positionierung
 - 6.3. Schiffseigene Geräte
7. Erste Ergebnisse und Arbeitsberichte
 - 7.1. Vorläufige Ergebnisse der reflexionsseismischen Messungen von K. HINZ, G. WISSMANN, A. BRAVO
 - 7.1.1. Diskussion ausgewählter reflexionsseismischer Profile aus dem NW-Sulu Becken
 - 7.1.2. Strukturelemente des NW-Sulu Beckens
 - 7.1.3. Zu den Messungen im SE-Sulu Becken
 - 7.1.4. Literatur

- 7.2. Gravimetrie und Magnetik von H.A. ROESER
 - 7.2.1. Instrumentarium
 - 7.2.2. Gravimetrie
 - 7.2.3. Magnetik
 - 7.2.3.1. Magnetische Registrierstation
 - 7.2.3.2. Erste Interpretationsergebnisse
 - 7.2.3.3. Echolote und SEA BEAM
- 7.3. Zum Einsatz des Airgun Synchronizer
von H. MEYER und A. POPOVICI
- 7.4. Online-Berechnung von Satellitenfixen zur Schiffs-
positionskorrektur durch das Programm SATFIX
von L. GORLING
 - 7.4.1. Das auf M.S. SONNE installierte Navigationsprogramm
der Firma MAGNAVOX
 - 7.4.2. Verbesserung der Online-Positionen durch das Programm
SATFIX
 - 7.4.3. Arbeitsweise des Programms und Datenübernahme zur PDP 11/34
 - 7.4.4. Vergleich der Ergebnisse von SATFIX und MAGNAVOX
 - 7.4.5. Anwendung des Programms für die Online-Positionierung
- 8. Schlußwort

Anhang: Tabelle 1: Geophysikalische Profile in der Sulu See
Tabelle 2: Sonobojen-Stationen
Wartungs- und Reparaturbericht

Abbildungen:

Seite:

Fig.	1	3
	2	7
	3	9
	4	13
	5	14
	6	15
	7	20
	8	26
	9	27
	10	28
	11	29
	12	31
	13	33
	14	34
	15	35
	16	37
	17	38
	18	39
	19	39
	20	41
	21	43
	22	44
	23	50
	24	52

Zusammenfassung

Im Rahmen der SONNE-Fahrt SO-23 sind in der Zeit vom 11.3.1982 bis 15.4.1982 geophysikalische Untersuchungen in der Sulu See durchgeführt worden, die eine Fortsetzung der 1977 mit der VALDIVIA-SE-Asien-Fahrt VA-16 eingeleiteten deutschen Untersuchungen zum IDOE-SEATAR- (International Decade of Ocean Exploration - Studies of East Asia Tectonics and Resources) Programm sind.

Während der SONNE-Fahrt SO-23 sind in der Sulu See

21 Profile mit einer Gesamtlänge von 3300 km mit digitaler Reflexionsseismik, Magnetik, Gravimetrie und Sea Beam vermessen worden. Schwerpunktgebiet der Untersuchungen war das NW-Sulu Becken.

Zwischen dem Schelf von E-Palawan im Norden und dem vulkanischen Cagayan Rücken im Süden liegt ein mit mächtigen prä-mittelmiozänen und neogenen Sedimenten gefülltes und 50 - 100 km breites grabenartiges Becken. Das Becken streicht östlich von 119°E Ost-Nordost und schwenkt bei 119°E in die Nord-Süd-Richtung um.

Dominierendes Strukturelement innerhalb des sedimentären Beckens sind: eine etwa 25 km breite, diapirisch-chaotische Zone im Zentrum des Beckens, die westlich des 120. östlichen Längengrades beobachtet worden ist (vergl. Figur 21). Die Basis der diapirisch-chaotischen Zone, bei der es sich um ein tektonisch mobilisiertes, äquivalent der Crocker-Formation (mittleres Miozän - unteres Oligozän) handeln könnte, war in den Monitorregistrierungen nicht zu erkennen. Strukturell haben die diapirisch-chaotischen Strukturen gewisse Ähnlichkeit mit den ölführenden diapirisch-chaotischen Strukturen Sabahs/NE-Kalimantan.

Im Ostteil des NW-Sulu Beckens sind östlich von 119°E mehrere breite und etwa N-S-streichende Antiklinalen beobachtet worden, die wahrscheinlich im mittleren Miozän angelegt worden sind.

Die lokal im östlichen Teil des NW-Sulu Beckens beobachteten vulkanischen Intrusionen haben wahrscheinlich ein plio-pleistozänes Alter.

Eine erdölgeologische Bewertung des vom Strukturangebot her sehr interessanten NW-Sulu Beckens ist beim derzeitigen Bearbeitungsstand noch nicht möglich.

Summary

In the framework of the IDOE-SEATAR (International Decade of Ocean Exploration - Studies of East Asia Tectonics and Resources) Program, the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), in co-operation with the Bureau of Mines and Geosciences, carried out a geophysical survey in the Sulu Sea during the period from March 11, 1982 to April 15, 1982, using the German research vessel R/V SONNE.

The SONNE cruise no. SO-23 continued SEATAR-related studies of BGR which have been carried out during the Southeast Asian Cruise of the VALDIVIA (VA-16) in 1977.

During SONNE cruise no. SO-23, multi-channel reflection measurements were carried out in parallel with magnetic, gravimetric, and sea-beam measurements on 21 lines with a total length of 3,300 km in the Sulu Sea.

In the NW Sulu Basin, situated between the shelf of East Palawan in the north and the volcanic Cagayan Ridge in the south, a 50 - 100-km-wide graben-like basin exists which is filled with thick Neogene and pre-Middle Miocene sediments. The basin trends east-northeast. At longitude 119°E it bends to a north-south direction.

The dominating structural element within the sedimentary graben-like basin is a diapiric-chaotic zone about 25 km wide, which was only detectable west of longitude 120°E. The base of the elongated diapiric-chaotic zone, which might represent a tectonically mobilized equivalent of the Crocker Formation (Middle Miocene - Lower Oligocene) is difficult to define in the seismic monitor records. The configuration and the internal structural style of individual structures of the diapiric-chaotic zone, which can be followed over length of about 150 km, seem to resemble those of the oil-bearing province offshore western Sabah.

In the eastern part of the NW-Sulu Basin east of longitude 119°E, several north-trending anticlines of presumably Middle Miocene age and locally volcanic intrusions of presumably Plio-Pleistocene age have been observed.

The SONNE cruise no. SO-23 was financed by the Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT).

1. Einführung

Auf der VALDIVIA-SE-Asien-Fahrt (VA 16) sind 1977 als deutscher Beitrag zum IDOE-SEATAR (International Decade of Ocean Exploration - Studies of East Asia Tectonics and Resources)-Programm geophysikalische Übersichtsmessungen in der Sulu See von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) durchgeführt worden (HINZ, 1977).

Die geophysikalischen Daten der VALDIVIA-Fahrt deuteten darauf hin, daß

- i) im NW-Sulu Becken mächtige Sedimentbecken existieren, in denen unter teilweise sehr mächtiger neogener Bedeckung untermiozäne und paleogene Sedimente in großer Mächtigkeit verbreitet sind;
- ii) in den vorgefundenen Sedimentbecken ein vielfältiges Angebot an Strukturen vorliegt, deren geologische Natur (fossile Riffe, Hochdruck-Tonzonen, Vulkanite) mit den spärlichen geophysikalischen Übersichtsdaten nicht zu klären war.

Im Schelfbereich von West-Palawan sind seit 1976 in Riffbildungen ober-oligozänen bis untermiozänen Alters mehrere Ölvorkommen (Nido, Matinloc, Cadlao, Libro und Pandan) nachgewiesen worden. Das Öl soll aus gleichaltrigen Schiefen und Tonsteinen generiert sein, die im bathyalen bis tief-sublitoralen Milieu in den an die Riffkomplexe angrenzenden Tiefwassergebieten abgelagert worden sind. Durch diesen Befund ist die Sulu See und speziell ihre Kontinentalabhänge erdölgeologisch aufgewertet worden, da nach den VALDIVIA-Übersichtsmessungen mit größeren prä-mittelmiozänen Sedimentakkumulationen im NW-Sulu Becken gerechnet werden kann. Nach Abklärung mit dem Bureau of Mines and Geosciences, Philippinen sind dem Bundesministerium für Forschung und Technologie von der BGR weiterführende geophysikalisch-geologische Untersuchungen in der Sulu See und im Südchinesischen Meer, in den offshore Gebieten von West-Palawan, für die SONNE-Fahrt SO-23 vorgeschlagen worden. Das Bundesministerium für Forschung und Technologie hat diesen Untersuchungsvorschlag akzeptiert und durch Bereitstellung von Förderungsmitteln die Untersuchungen ermöglicht.

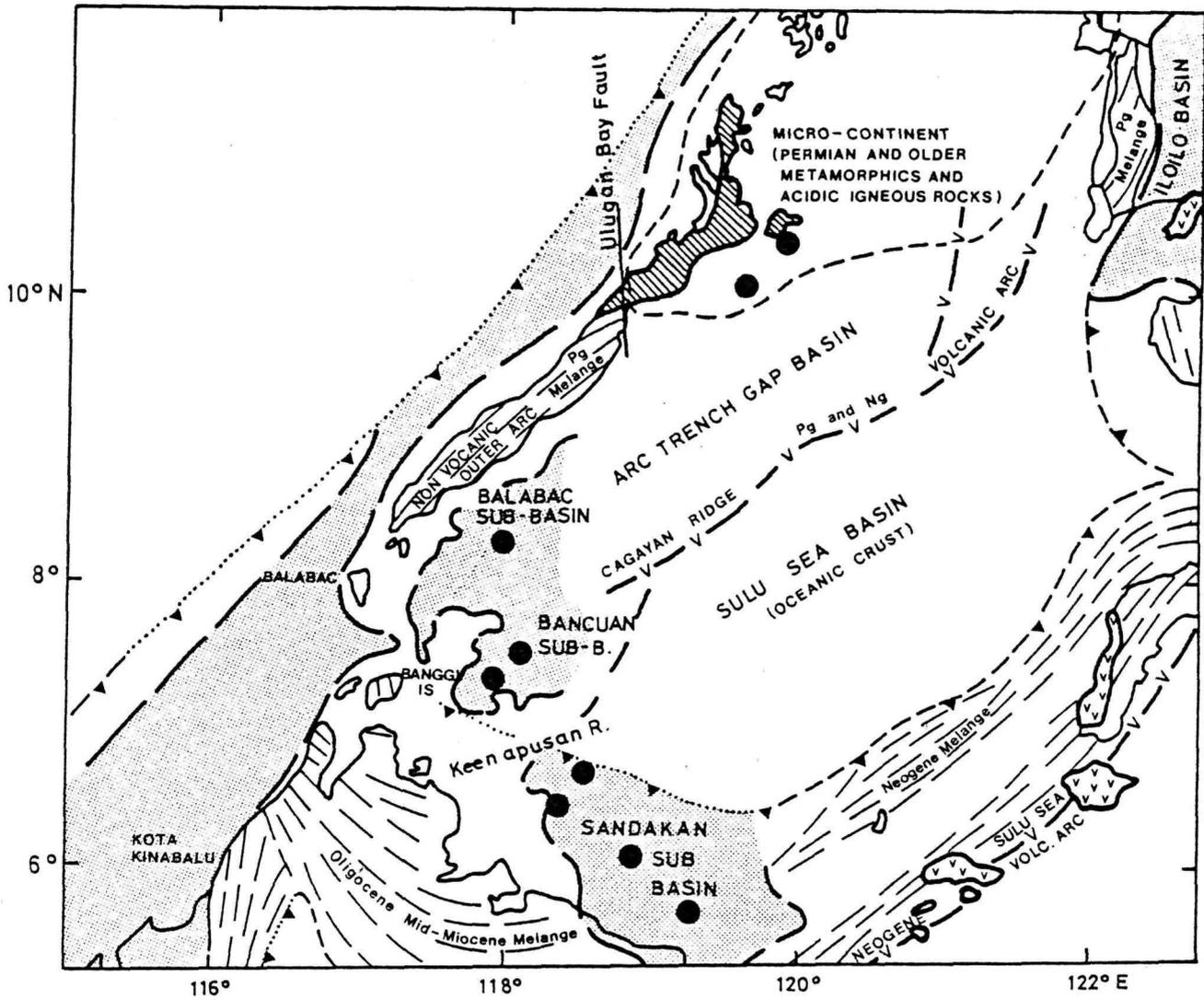
2. Regionalgeologische Übersicht und Problemstellung

Polygenetische Struktureinheiten umgeben die Sulu See (Figur 1):

Die nördliche Begrenzung der Sulu See bildet der von Nordkalimantan bis Mindoro ziehende Palawan Inselbogen. Der Inselbogen besteht geologisch aus zwei Einheiten, die durch die Ulugan Bay Störungszone voneinander getrennt sind. Die nördliche Einheit, zu der der Nordteil der Insel Palawan und die Calamian-Cuyo Inselgruppe gerechnet werden, ist Teil eines Kontinentalfragments (HAMILTON, 1979; JONGSMA und BARBER, 1981) und besteht aus permischen und mesozoischen Sedimenten und Metamorphiten (TAMESIS et al., 1973; HAMILTON, 1979). In den auf dem SE-Schelf von Palawan gelegenen Bohrungen Roxas und Dumoran sind Sandsteine, Tonsteine und Konglomerate der Oberkreide erbohrt worden. In der Bohrung Dumoran überlagern marine sandige Konglomerate der Oberkreide serpentinisierten Peridotit (mündl. Mitt. Dr. PORTH).

Die Ulugan Bay Störungszone trennt diese paläozoisch-mesozoische Einheit von Ophiolithen kretazischen bis paleogenen Alters und damit assoziierten sandigen Sedimenten in Süd-Palawan. Nach HAMILTON (1979) repräsentieren diese Gesteine Süd-Palawans eine paleogene Mélange, die durch Subduktion am Palawan Trog bis zum Ende des Miozän angelegt worden ist.

Die südliche Begrenzung der Sulu See bildet der Sulu Inselbogen, der vom Ostteil Sabahs/Kalimantan nach Osten zur Halbinsel Zamboanga/Mindanao zieht und der aus zwei parallel verlaufenden Rücken/Bögen besteht. Der frontale NW-Bogen mit ausbeißenden mafischen und ultramafischen Gesteinen repräsentiert nach HAMILTON (1979) und JONGSMA & BARBER (1980) eine im mittleren Tertiär angelegte Mélange. Der SE-Bogen besteht aus erodierten Vulkanen. Für die basaltischen Lavaergüsse auf den Inseln Basilan und Jolo ist ein plio-pleistozänes Alter nachgewiesen worden.



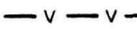
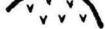
-  Paleogene, Neogene sedimentary basin
-  Subduction zone (present activity uncertain)
-  Inactive subduction zone
-  Volcanic arc
-  Axis of structural grain
-  Continental basement complex
-  Neogene volcanic rocks
-  Borehole

Fig. 1: Regionalgeologische Übersicht (modifiziert nach BEDDOES, 1976)

Der vulkanische Cagayan Rücken, der das NW-Sulu Becken vom SE-Sulu Becken trennt (vergl. Kapitel 3. und Figur 2), wird als der vulkanische Inselbogen der paleogenen und bis in die Zeit des Mittelmiozän aktiven Palawan-Subduktionszone interpretiert.

Über die geologische Natur des NW-Sulu Beckens, das nach MURAUCHI et al. (1973) und Untersuchungen der VALDIVIA-Fahrt VA-16 (HINZ, 1977) durch sehr mächtige Sedimentakkumulationen ausgezeichnet ist, gibt es keine einheitliche Auffassung. Einige Forscher (BEDDOES, 1976; HAMILTON, 1974) fassen das NW-Sulu Becken als ein im Paleogen angelegtes äußeres Inselbogen-Becken ("outer arc basin" bzw. "arc-trench gap") auf, das dem Cagayan Rücken vorgelagert ist. Andere (MASCLE & BISCARRET, 1979) führen die Anlage des NW-Sulu Beckens auf Extension und Scherungsbewegungen im Neogen zurück.

Im tiefen SE-Sulu Becken, das zwischen dem Cagayan Rücken im Norden und dem Sulu Inselbogen im Süden liegt, sind Krustenmächtigkeiten und seismische Krustengeschwindigkeiten bestimmt worden (MURAUCHI et al., 1973), die typisch für Gebiete mit ozeanischem Krustenaufbau sind. Obwohl bisher keine magnetischen Lineationen im SE-Sulu Becken nachgewiesen worden sind, wird aufgrund von beobachteten hohen Wärmestromdichtewerten (NAGASAKA et al., 1970) allgemein angenommen, daß ozeanische Kruste oligozänen Alters das SE-Sulu Becken unterlagert.

Im westlichen Schelf der Sulu See sind durch industrielle Exploration drei sedimentäre Becken bekannt geworden (BEDDOES, 1976): Im nördlichen Balabac Sub-Becken (Figur 1) hat die Bohrung CORAL-I über einer untermiozänen Diskordanz in etwa 2900 m Tiefe eine mittelmiozäne Folge von sublitoralen Schiefen und Siltsteinen mit eingelagerten Sandsteinen erbohrt. Darüber folgen nach einer mittelmiozänen Diskordanz in 2140 m Tiefe obermiozäne bis unterpliozäne Schiefer und Siltsteine mit eingelagerten Sandsteinen. Eine unterpliozäne Diskordanz trennt diese Folge von den darüberliegenden und etwa 1000 m mächtigen sublitoralen Kalken oberpliozänen bis pleistozänen Alters.

Das Balabac Sub-Becken ist durch den Banggi Rücken vom Bancuan Sub-Becken getrennt, in dem nach unserer Kenntnis 1973 die Bohrungen Sulu See A-1 und Sulu See B-1 niedergebracht worden sind.

Der Keenapusan Rücken trennt das Bancuan Sub-Becken vom südlichen Sandakan Sub-Becken (Figur 1), in dem von 1973 bis 1976 vier Bohrungen niedergebracht worden sind. Die Bohrungen waren auf mittelmiozäne bis unterpliozäne Plays angesetzt (mündl. Mitt. Dr. PORTH).

Mit seismischen Korrelationsprofilen zu den industriell explorierten und auf dem NW-Sulu Schelf gelegenen Becken von Balabac, Bancuan und Sandakan sollen sedimentäre Sequenzen stratigraphisch eingestuft werden, die in den seismischen Daten der VALDIVIA-SE-Asien-Fahrt 1977 erkannt worden sind. Mit diesen Profilen soll geklärt werden, ob und in welchen Lagerungsverhältnissen und seismischer Ausbildung die im Schelfbereich von West-Palawan kohlenwasserstoffführenden Sedimente des unteren Miozän bis Paläozän in der Sulu See verbreitet sind.

Durch verdichtende geophysikalische Messungen soll die Verbreitung diapirartiger Strukturen und deren geologische Natur erkundet werden, die sowohl auf der VALDIVIA-Fahrt VA-16 als auch während des französischen Unternehmens CEPM Ouest-Pacifique (MASCLE & BISCARRET, 1979) im NW-Sulu Becken beobachtet worden sind.

Schließlich soll mit geophysikalischen Korrelationsprofilen vom Sandakan Becken in das tiefe SE-Sulu Becken der Aufbau und das Alter einer sehr mächtigen Sedimentakkumulation unmittelbar nördlich des frontalen Sulu Inselbogens geklärt werden.

3. Bathymetrische Übersicht

Die Sulu See ist ein westlich der philippinischen Inseln Panay, Negros und Mindanao gelegenes Randmeer, das im Nordwesten durch die Insel Palawan vom Südchinesischen Meer getrennt wird. Das Sulu Archipel trennt die Sulu See im Südwesten von der Celebes See (Figur 2).

Der vulkanische Cagayan Rücken, der von der Südspitze der Insel Panay nach Südwesten zieht und sich vermutlich in den Keenapusan Rücken fortsetzt, trennt die Sulu See in das Nordwest-Sulu Becken und das Südost-Sulu Becken (IRVING, 1951; MURAUCHI et al., 1973).

Das NW-Sulu Becken kann in zwei physiographische Provinzen gegliedert werden: Im NE-Teil, der bathymetrisch differenzierter ausgebildet zu sein scheint als der SW-Teil, liegen die Wassertiefen überwiegend zwischen 1000 m und 1800 m. Im Zentrum des ebenen SW-Teils beträgt die Wassertiefe 2000 m und mehr. Der SE-Schelf von Palawan ist 20 km bis 50 km breit und fällt steil zum Nordwest-Sulu Becken ab. Nach Westen, im Seegebiet zwischen dem Keenapusan Rücken und Süd-Palawan, verbreitert sich der Kontinentalabfall.

Das zwischen dem Cagayan Rücken im Norden und der Zamboanga Halbinsel/Mindanao - Sulu Archipel im Süden gelegene SE-Sulu Becken ist weit über 3500 m tief. In dem ebenen NE-streichenden Trench, der dem Sulu Archipel und der Zamboanga Halbinsel/Mindanao vorgelagert ist, werden Wassertiefen von 4500 m bis 5000 m erreicht.

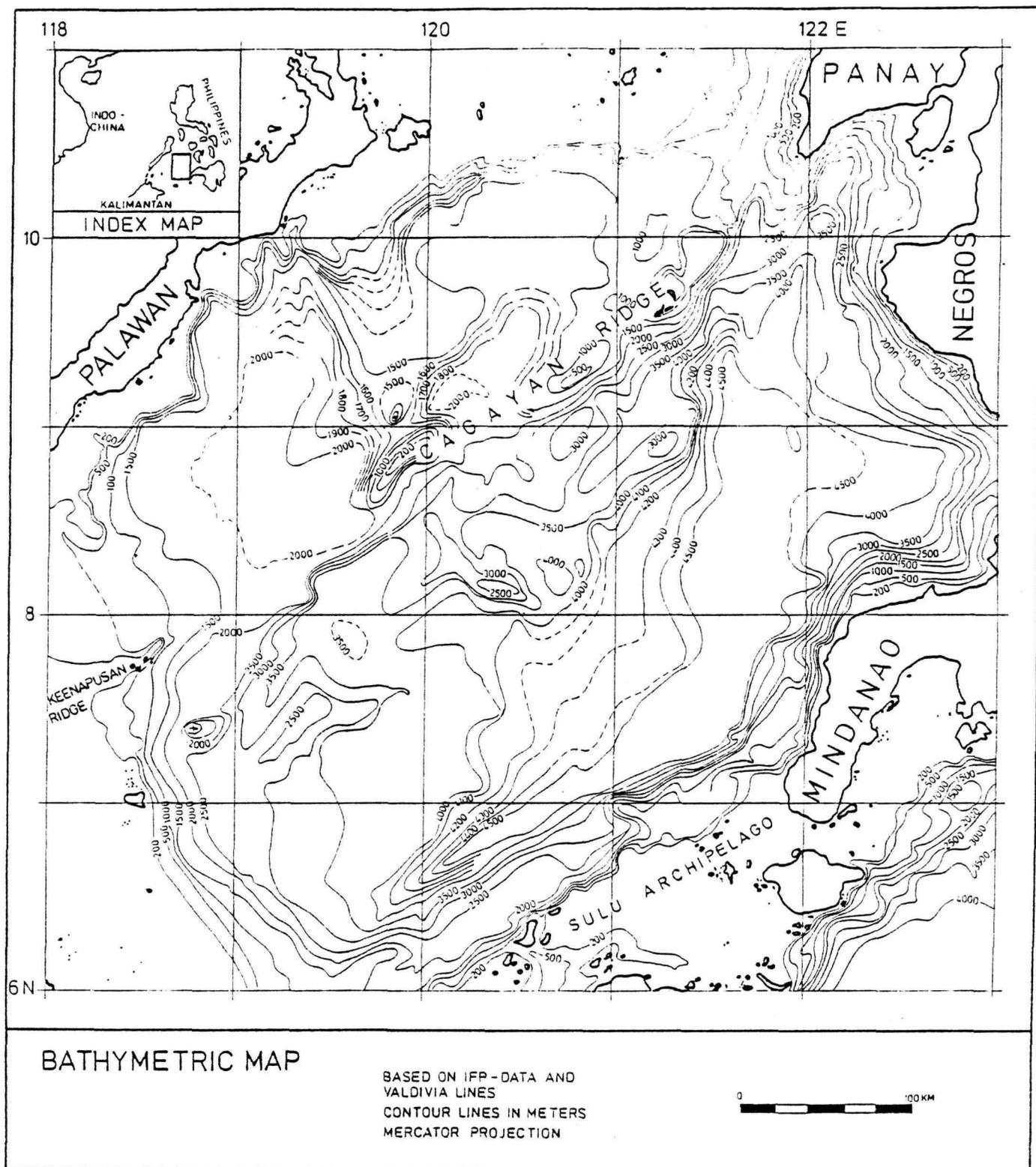


Fig. 2: Bathymetric map
- contour lines in meter -
Sources: Soundings of the VALDIVIA-cruise VA 16/1977 and data of the
Institute Français du Pétrole (IFP)

Bathymetrische Karte
- Kontourlinien in Meter -

Quellen: Echolotungen der VALDIVIA-Fahrt VA 16/1977 und Daten des
Institute Français du Pétrole (IFP)

4. Fahrtverlauf

09.03. - 17.03.1982: Am 09.03.1982 ist die seegeophysikalische Arbeitsgruppe der BGR vollständig in Manila angereist. In der Zeit vom 10.03. bis 12.03.1982 werden die Deutsche Botschaft, das Bureau of Mines and Geosciences, die Marine Mineral Resources Division und die Agentur mehrmals besucht und mit Unterstützung dieser Stellen unerwartet aufgetretene Probleme bei der Entzollung und Anbordnahme des BGR-Instrumentariums im Außenministerium, Finanzministerium und beim Collector of Customs beigelegt.

Im Rahmen der "Presentation on Marine Technology of the Federal Republic of Germany", veranstaltet von den Industrie- und Handelskammern Bremen, Hamburg, Niedersachsen und Schleswig-Holstein, hält der Berichterstatter am 11.03.1982 einen Vortrag über "Contributions of the Federal Republic of Germany for resources research in offshore areas in South East Asia".

M.S. SONNE läuft am 11.03.1982 in Manila ein. Die Geräte und Container werden am gleichen Tag an Bord genommen und mit der Aufrüstung wird am 12.03.1982 begonnen. Der Aufbau einer magnetischen Dauerregistrierstation auf der Insel Palawan wird organisiert, zu deren Aufbau auf dem Gelände der Vulkan Mining Company die Herren Dr. ROESER und RILAT am 17.03.1982 nach Palawan abreisen.

Die Aufrüstung des geophysikalischen Meßinstrumentariums ist am 17.03.1982 weitgehend abgeschlossen.

M.S. SONNE macht am 17.03.1982 um 20:12 Leinen los und läuft aus in die Sulu See.

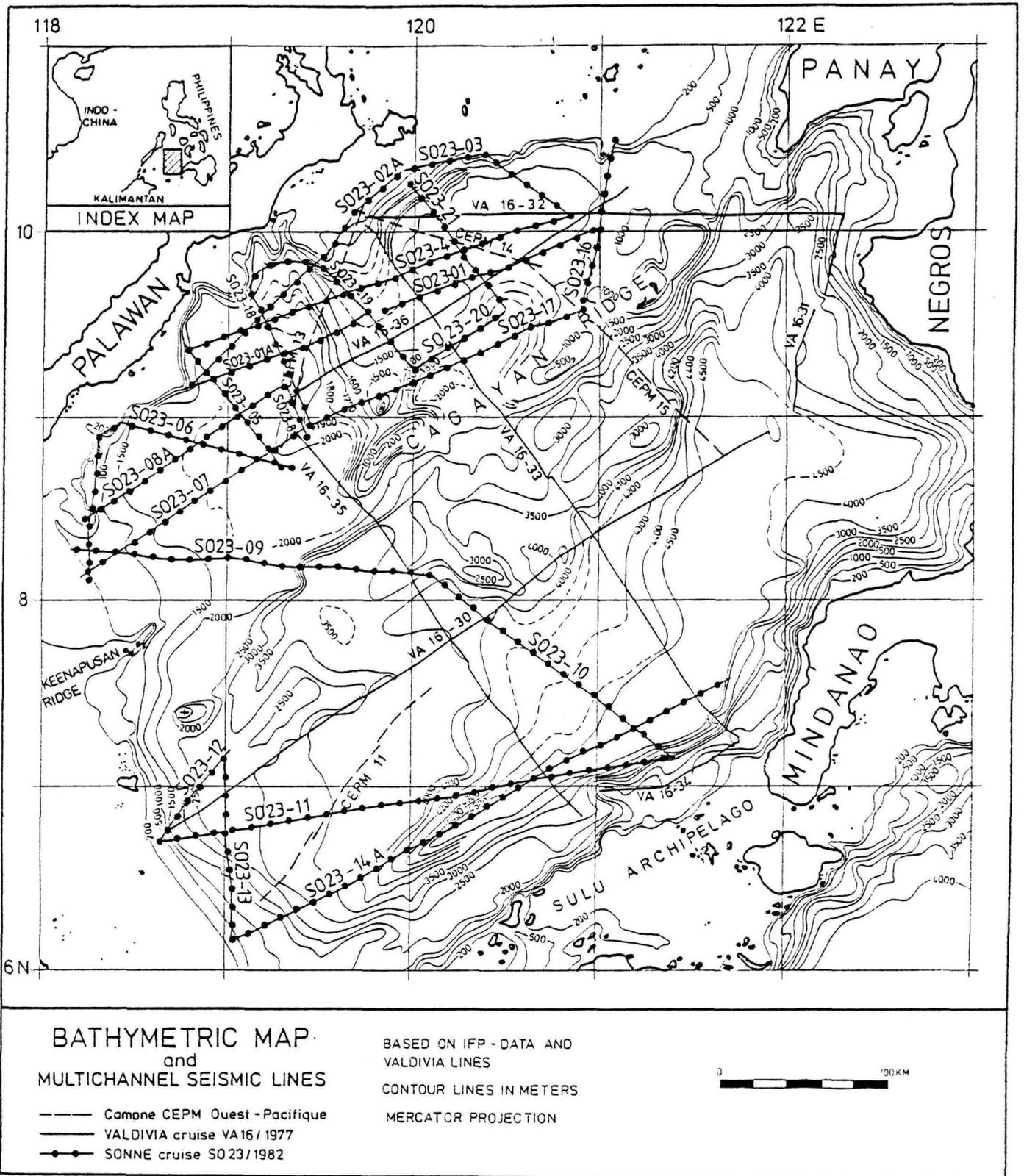
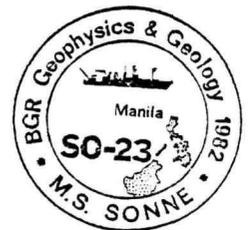


Fig. 3: Location of multichannel seismic lines (stippled) of SONNE cruise S0-23

Lage der mehrspur-seismischen Profile der SONNE-Fahrt S0-23



An Bord befinden sich 26 Mann Besatzung, 14 Wissenschaftler und Techniker der BGR, 1 Wartungstechniker der PREUSSAG und 1 philippinischer Gastwissenschaftler.

18.03. - 21.03.1982: Am 18.03.1982 erreicht M.S. SONNE das zwischen den Inseln Panay und Palawan gelegene Cuyo Archipel mit zahlreichen und gefährlichen Untiefen. Zur Vorerkundung von geplanten seismischen Profilen in den bathymetrisch unzureichend vermessenen Gebieten der Cuyo Inselgruppe und des SE-Schelfs von Palawan wird bis zum 19.03.1982 das Profil SO-23-101 mit Echolot, Sea Beam und Magnetik abgelaufen. Am 18.03.1982 findet eine Eingeschiffenbesprechung statt, auf der Ziele und Programm des 1. Fahrtabschnitts von der Fahrtleitung erläutert werden. Kapitän BRUNS unterrichtet die Eingeschiffen über die an Bord befindlichen Rettungsmittel und belehrt über das Verhalten im Seenotfall.

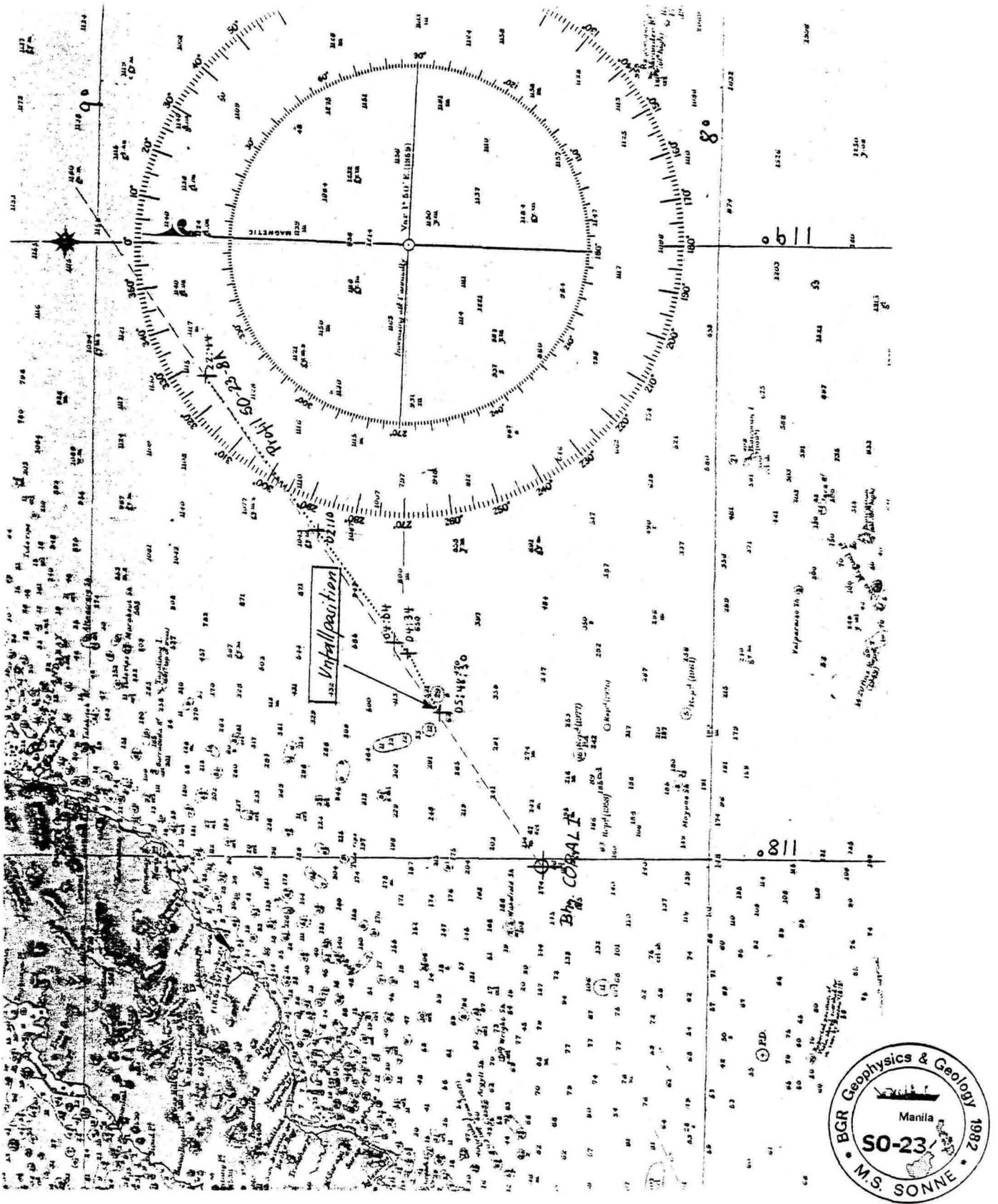
Am 19.03.1982 wird die Vermessung des Erkundungsprofils SO-23-101 auf dem Schelf von SE-Palawan in der Höhe der Ortschaft Roxas um 05:44 beendet. M.S. SONNE wirft zwischen den Inseln Stanlake Is. und Pura o Is. Anker, um Dr. ROESER und M. RILAT zu übernehmen, die in der Ortschaft Roxas eine magnetische Registrierstation aufgebaut haben.

Nach Bootsmanöver und Übernahme der beiden BGR-Bediensteten erfolgen Anker auf und Ablaufen ins NW-Sulu Becken. Mit dem Ausbringen und Justieren des insgesamt 2990 m langen Streamers wird am 20.03.1982 um 08:00 begonnen. Die kombinierte geophysikalische Vermessung mit Digitalseismik, Magnetik, Gravimetrie, Sea Beam und Echolot beginnt um 19:19 des gleichen Tages. Bis zum 21.03.1982 um 22:36 werden die Profile SO-23-01 und 01 A vermessen (Figur 3).

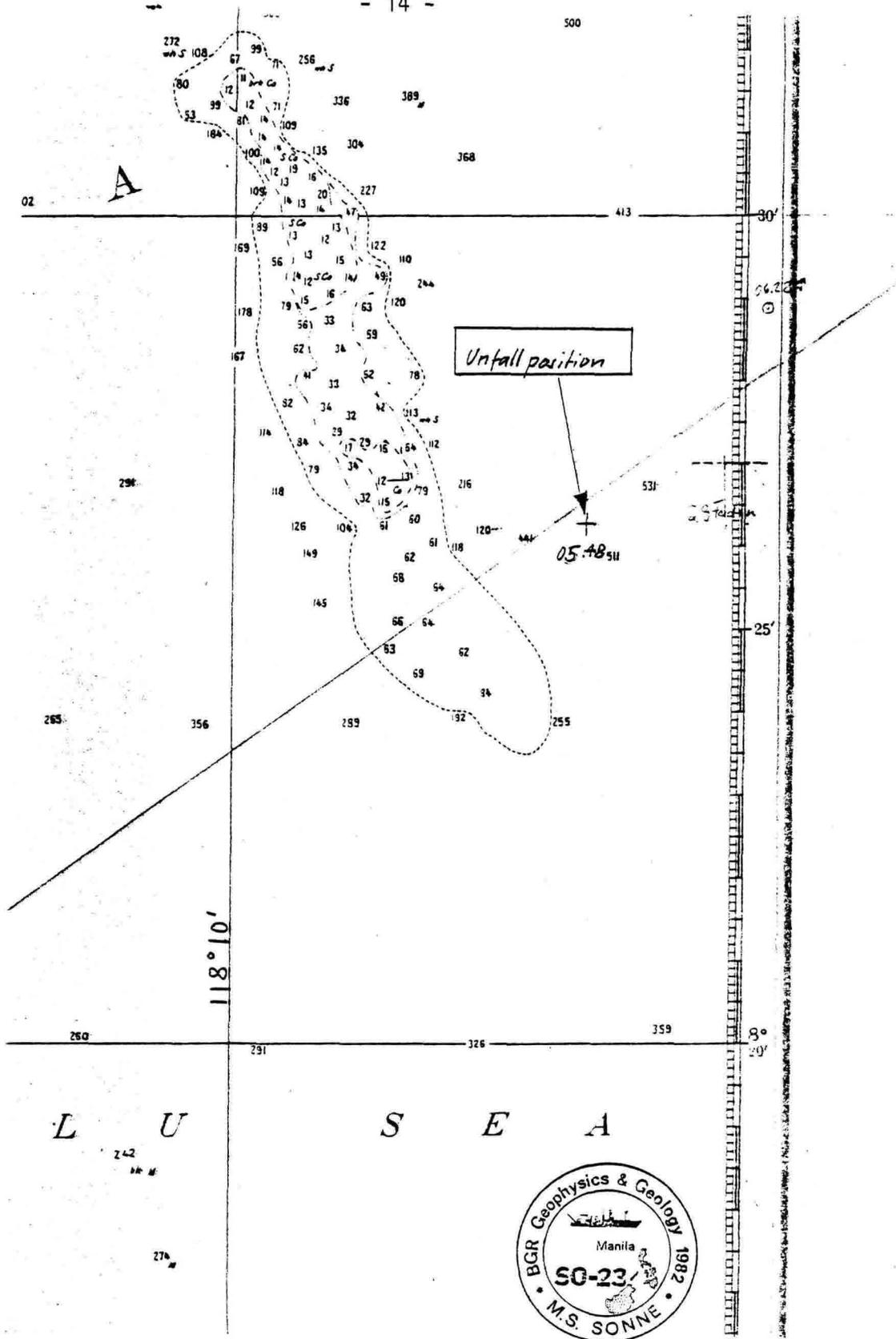
- 22.03.1982: Nach Schleifenfahrt beginnt die Vermessung des Profils S0-23-02 um 01:07. Um 03:39 bricht der Streamer kurz hinter dem Schiff. Nach Aufnahme aller außenbords befindlichen Geräte beginnt die Suche nach der Tailboje, die am Ende des Streamers geschleppt wurde. Die Tailboje wird um 04:56 neben einem großen Holzfloß gesichtet, mit dem sie kollidiert sein muß und das von ihr mitgeschleppt worden ist, was schließlich zum Bruch des Streamers führte. Holzflöße dieser Art, die nachts im Radar nur selten auszumachen sind, wurden in den vorangegangenen Tagen mehrmals gesichtet. Die Funktion dieser mit Nummern bezeichneten Flöße ist unbekannt. Der gesamte Streamer kann geborgen werden. Allerdings müssen 3 aktive Sektionen, 1 inaktive Sektion und 1 Stretchlänge ausgewechselt werden, die durch den Zusammenstoß der Tailboje mit dem Floß oder durch das Absenken des Streamers nach dem Bruch beschädigt worden sind.
- 23.03. - 26.03.1982: In dieser Zeit werden bei ruhiger See und ohne nennenswerte Ausfälle die Profile S0-23-02 A bis S0-23-07 mit einer Gesamtlänge von 992 km vermessen und 8 refraktionsseismische Sondierungen mit Sonobojen ausgeführt (Figur 3). Da sich der Taifun "Nelson" nach eingegangenen Wettermeldungen der Insel Palawan nähert, empfiehlt die Schiffsführung, das südöstlich von Nord-Palawan gelegene Meßgebiet zu verlassen.
- 27.03.1982: Am 27.03.1982 um 00:09 wird die Vermessung des Profils S0-23-08 abgebrochen. M.S. SONNE dreht nach Backbord und vermißt von 00:34 das nach Südwesten zur Erdölbohrung CORAL-I verlaufende Profil S0-23-08 A (Figur 3), mit dem eine seismostratigraphische Korrelation zwischen

dem NW-Sulu Becken und dem Balabac Becken im Westen hergestellt werden soll. Wie auf den vorherigen Meßprofilen erfolgt die Positionierung nach der 2-fach integrierten MAGNAVOX-Satellitennavigationsanlage.

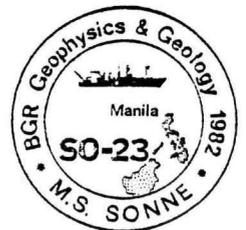
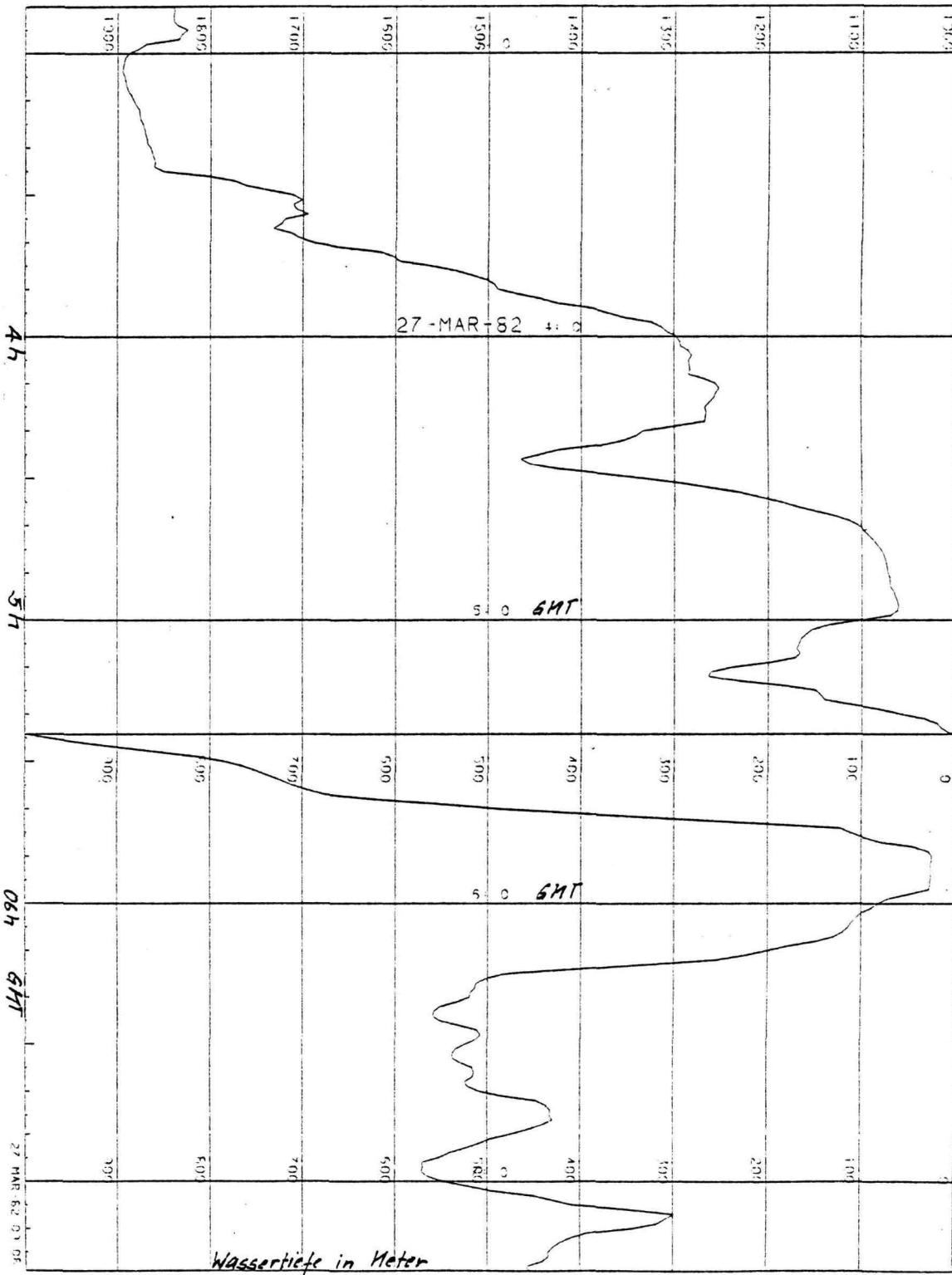
Nach einem Satellitenfix um 12:34 (04:34 GMT) ändert der wachhabende Offizier den Kurs, um i) zum Sollprofil aufzusteuern, ii) einer in den Seekarten mit 29 Faden (53 m) vermerkten Untiefe auszuweichen (Figur 4). An einer Position, für die in der Seekarte Wassertiefen zwischen 441 und 511 Faden (816 m - 946 m) ausgewiesen werden (Figur 5), steigt der Meeresboden von 13:37 (05:37 GMT) bis 13:48 (05:48 GMT) steil von 669 m auf 29 m auf (Tabelle 1 und Figur 6). Der Kapitän drosselt die Fahrtgeschwindigkeit und läßt das Schiff um 13:50 (05:50 GMT) hart Steuerbord steuern, um wieder tieferes Wasser zu erreichen. Das für die Schiffssicherheit notwendige "Hart Steuerbord"-Manöver kann leider nicht verhindern, daß der in 25 m Tiefe geschleppte Streamer in Profilrichtung weiterläuft und Grundberührung bekommt. Um 13:50 (05:50 GMT) hat die Magnetometersonde Grundberührung und reißt ab. Der Streamer bekommt um 14:00 (06:00 GMT) Grundberührung und bricht an der Stretchlänge vor der ersten aktiven Sektion etwa 50 m hinter dem Schiff. Um 14:20 (06:20 GMT), als das Schiff wieder tiefes Wasser erreicht hat und das Airgun Array eingeholt worden ist, wird mit der Bergung der Tailboje und den daran hängenden und abgesunkenen 48 Streamersektionen begonnen. Mit dem Schlauchboot wird eine Leinenverbindung zwischen Schiff und Tailboje hergestellt und die Tailboje wird an Bord genommen. Dabei kommt es zu zweimaligen Leinenbrüchen und ein Matrose wird dabei verletzt. Um 15:50 ist das Streamerende auf der Winde und mit dem Hieven wird



Figur 4 : Ausschnitt aus der Seekarte 967 (1:725 000) mit Sollkurs (gestrichelt) und abgelaufenen Profil (gepunktet) und Wassertiefen in Faden. Die mit 12 Faden (22 m) vermerkte Untiefe muß nach der 2-fach integrierten MAGNAVOX-Satellitennavigation von M.S. SONNE südöstlich von der kartierten Untiefe liegen (vergl. Figur 5).



Figur 5 : Ausschnitt aus der Seekarte P.C. & G.S. 4325 (1:100 000) mit Wassertiefen in Faden und Unfallposition, an der die Magnetometersonde und der Streamer Grundberührung hatten und verlorengingen.



Figur 6 : Darstellung der Meeresbodentiefe in Meter nach Echolotungen von M.S. SONNE für die Zeit von 03:00 GMT bis 07:00 GMT am 27.03.1982.

begonnen. Bis 18:00 können 1 Stretchlänge und 23 Sektionen geborgen werden. Dann bricht der Streamer beim Hieven und die noch außenbords befindlichen 26 Sektionen, 5 Gewichtslängen und 3 Stretchlängen gehen verloren. Von den geborgenen Streamersektionen und den mitgenommenen Ersatzlängen wird ein 12-Spur Streamer zusammengebaut.

28.03. - 03.04.1982: Am 28.03.1982 wird um 08:12 der umgebaute und 1454 m lange Streamer ausgebracht und nach Testmessungen mit der geophysikalischen Vermessung des Profils S0-23-09 am 28.03.1982 um 12:53 begonnen. Bis zum 03.04.1982 werden bei sehr ruhigen Seeverhältnissen die Profile S0-23-09 bis S0-23-14 im SW-Sulu Becken vermessen (Figur 3).

Am 03.04.1982 wird um 06:00 der Streamer eingeholt. M.S. SONNE dampft nach Norden, um die wegen des Taifun "Nelson" am 27.03.1982 abgebrochene geophysikalische Vermessung im NW-Sulu Becken fortzusetzen. Nach Erreichen des Cuyo Archipels wird um 22:40 der Streamer in einer Wassertiefe von 100 m ausgebracht und mit der Vermessung des etwa N-S-verlaufenden Profils S0-23-16 begonnen (Figur 3).

04.04. - 07.04.1982: Bis zum 07.04.1982 um 00:55 werden die Profile S0-23-16 bis S0-23-21 vor Ost-Palawan reflexionsseismisch vermessen. Das reflexionsseismische Meßprogramm in der Sulu See ist damit abgeschlossen. Insgesamt sind auf dem ersten Fahrtabschnitt der SONNE-Fahrt S0-23 in der Sulu See 3330 km Profil reflexionsseismisch vermessen und 14 refraktionsseismische Sondierungen mit Sonobojen durchgeführt worden.

Nach Einholen des seismischen Erregersystems und des Streamers wird ein steil von 1500 m unter Meeresoberfläche auf 165 m ansteigender submariner Berg mit SEA BEAM, Echoloten und Magnetik vermessen, der auf dem Profil S0-23-21 in einem Gebiet ($10^{\circ}05,5'N$, $120^{\circ}07,5'E$) beobachtet worden ist, für das in den Seekarten eine Wassertiefe von 800 Faden (1482 m) und mehr ausgewiesen wird. Mit vier sternförmig angelegten Profilen wird nachgewiesen, daß es sich um einen konischen und von Palawan isolierten Körper handelt - vergleichbar vulkanischen Seebergen - , für den die Fahrtleitung den Namen "HEINRICH BRUNS" vorschlägt.

Nach der bathymetrischen Vermessung läuft M.S. SONNE ab mit Kurs auf Roxas. Um 11:17 am 07.04.1982 wirft SONNE Anker bei Stanlake Is. Dr. ROESER, KEWITSCH und der Berichterstatter setzen mit dem Schlauchboot über zur Ortschaft Roxas zur Kontrolle der magnetischen Dauerregistrierstation, die auf dem Gelände der Vulkan Mining Co. aufgebaut worden ist und von Mitarbeitern dieser Gesellschaft bewacht und betreut wird. Die Station hat einwandfrei gearbeitet. Nach unserer Rückkehr nimmt M.S. SONNE Anker auf und läuft ab mit Kurs Südchinesisches Meer.

08.04. - 12.04.1982: Nach Passieren der südlich von Palawan gelegenen Balabac Straße beginnt die Profilvererkundung im Südchinesischen Meer mit SEA BEAM, Echoloten, Magnetik und Gravimetrie am 08.04.1982 um 12:16.

Da die Seekarten das südwestlich von Reed Bank gelegene Untersuchungsgebiet mit der Anmerkung

"See Caution No. 2: Dangerous ground. The large area north-westward of the recommended track is known to abound with dangers; vessels are warned not to attempt to pass through this area. See Admiralty Sailing Directions"

ausweisen, hat sich die Fahrtleitung nach dem unglücklichen Vorfall in der Sulu See am 27.03.1982 zu dieser bathymetrischen Vorerkundung entschlossen.

Bis zum 13.04.1982 um 05:30 werden die Profile S0-23-108 bis S0-23-119 mit einer Gesamtlänge von etwa 2185 km im Südchinesischen Meer vorerkundet (Figur 7). Die bathymetrische Vorerkundung zeigt, daß die ausgewählten Tracks im Südchinesischen Meer mit außenbords und in 20 m bis 30 m unter Meeresoberfläche gefahrenen Meßkomponenten, wie Streamer und Magnetometersonde, mit vertretbarem Risiko auf dem 2. Fahrtabschnitt abgelaufen werden können, trotz der sehr rauhen Meeresbodentopographie mit zahlreichen, steil zur Meeresoberfläche aufsteigenden Korallenriffen. Am Ostersonntag, dem 11.04.1982 ist die bathymetrische Vermessung von 08:36 bis 13:46 unterbrochen worden zur Erkundung von aus dem Wasser ragenden Gesteinen auf dem Alicia Annie Reef.

13.04. - 15.04.1982: Der erste Fahrtabschnitt der SONNE-Fahrt S0-23 endet am 13.04.1982 um 05:30. M.S. SONNE läuft nach Manila und macht am 13.04.1982 um 10:48 im South Harbour, Pier 3, von Manila fest.

Am 14.04.1982 informiert der Berichterstatter auf einer Veranstaltung der Geological Society of the Philippines über Ziele und erste Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen der SONNE-Fahrt S0-23 in der Sulu See. Gravimetrische Hafenananschlußmessungen wurden durchgeführt. Der Versand der seismischen Magnetbänder wird vorbereitet.

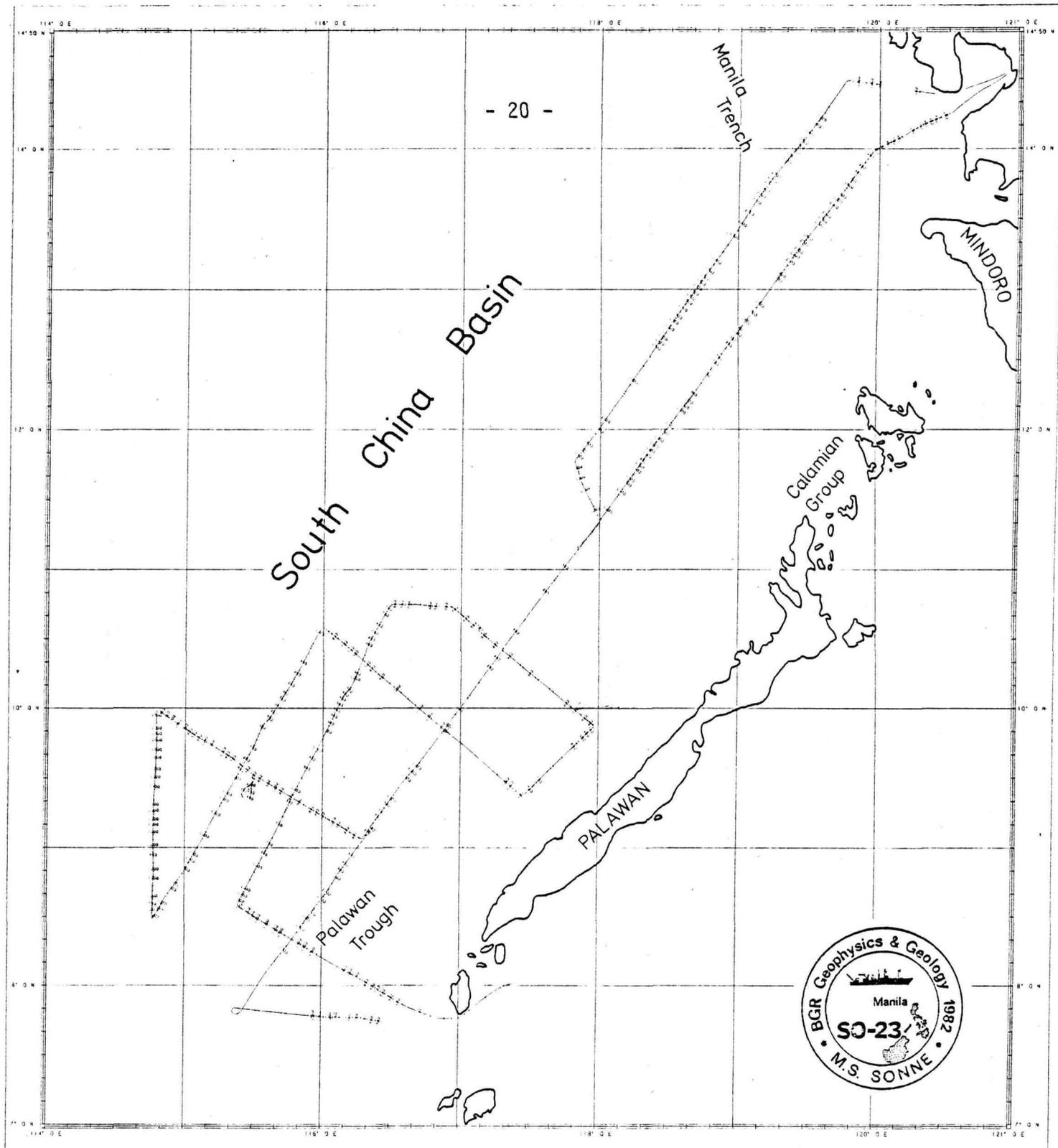


Figure 7 : Location of bathymetric pre-survey lines in the South China Sea.

Lage der bathymetrischen Vorerkundungsprofile im Südchinesischen Meer

5. Teilnehmer und beteiligte Institute

5.1. Wissenschaftliches Personal

<u>Name</u>	<u>Funktion</u>	<u>Institut</u>
HINZ, Karl	Fahrtleiter	BGR
ADAM, Jürgen	Techn.Ang./Seismik	BGR
BARGELOH, Hans-Otto	Techn.Ang./Magnetik-Gravimetrie	BGR
BRAVO, Angel A.	Supervising Geologist I	BMG
GORLING, Lothar	Wiss.Ang./Positionierung/Sea Beam	BGR
KEWITSCH, Peter	Techn.Ang./Magnetik-Gravimetrie	BGR
MEYER, Heinrich	Wiss.Ang./Seismik	BGR
MEYER, Werner	Techn.Ang./Elektronik	PR
POPOVICI, Alexandru	Techn.Ang./Seismik	BGR
PUSKEPPELEIT, Klaus	Techn.Reg.Sekr./Seismik	BGR
RILAT, Manfred	Techn.Ang./Magnetik-Gravimetrie	BGR
ROENSBURG, Wolfgang	Bordarzt	BGR
ROESER, Hans	Wiss.Oberrat/Magnetik-Gravimetrie/ Sea Beam	BGR
SCHRADER, Uwe	Techn.Ang./Seismik	BGR
SCHRÖDER, Heinz	Techn.Ang./Seismik	BGR
WISSMANN, Gerd	Wiss.Ang./Seismik/Sea Beam	BGR

BGR = Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Postfach 51 01 53, 3000 Hannover 51

BMG = Bureau of Mines and Geo-Sciences
Pedro Gil Street, Manila/Philippines

PR = PREUSSAG AG, Postfach 4829, 3000 Hannover 1

5.2. Schiffsbesatzung

BRUNS, Heinrich	Kapitän
DEITERMANN, Karl	1. Offizier
STEEN, Heinrich	2. Offizier
STRATMANN, Hans	Funkoffizier
ZIEMANN, Ingo	Ltd. Ingenieur
HEMME, Günter	1. Ingenieur
KAMIN, Hans	2. Ingenieur
RUELKE, Klaus	3. Ingenieur
JORDE, Helmut	Elektriker
RIEHL, Gerhard	Elektriker
KUECHAU, Erhard	Maschinen-Assistent
GRZIMEK, Stefan	Maschinen-Assistent
PENNER, Helmut	Maschinen-Assistent
WAGNER, Rüdiger	Maschinen-Assistent
WENKE, Johann	Bootsmann
MEYER, Dieter	Matrose
ROSENHAGEN, Wilfried	Matrose
JANSSEN, Hans-Otto	Matrose
LUDE, Günter	Matrose
SZYMA, Günter	Matrose
BARON, Heiko	Matrose
WOCH, Winfried	1. Koch
GRUEN, Franz	2. Koch
GLAWE, Dieter	1. Steward
TIEDEMANN, Günter	2. Steward
LACHMUTH, Wilfried	2. Steward

6. Eingesetztes wissenschaftliches Instrumentarium

6.1. Seismik

- 1 digitalseismisches Datenerfassungssystem, Typ DFS V der Fa. Texas Instruments, 24 Kanäle, SEG-B-Format, 800 bpi, Sample-Rate 4 msec
- 1 EDO Western Monitorschreiber, 10 sec sweep
- 2 EPC Monitorschreiber, 4 sec sweep
- 1 24-spuriger Streamer, Typ AMG 37-43 der Fa. Geomecanique von 2400 m Aufnahmelänge. Nach der Kollision mit einem Korallenriff am 27.03.1982 und Verlust von 13 aktiven Streamersektionen konnte nur noch ein 12-spuriger Streamer von 1200 m Aufnahmelänge eingesetzt werden. Die Streameranordnungen für die Perioden
20.03. - 22.03.1982
22.03. - 27.03.1982
28.03. - 03.04.1982
03.04. - 07.04.1982

zeigen die Figuren 8 - 11.

- 1 hydraulisch angetriebene Streamerwinde
- 1 17,2 m langes seismisches Erregersystem, bestehend aus 10 pneumatischen Schallquellen (air gun) mit einem Gesamtspeichervolumen von 25,6 l, Arbeitsdruck 135 bar
- 1 Air gun Synchronizer VZAD zur vollautomatischen Synchronisation und Überwachung der seismischen Schallquellen
- 1 Aircon I, Modell S-2 mit Speicheroszilloskop
- 1 Sonobojenempfänger, Typ Teleseis STR70-2F und
- 1 6-Kanalschreiber Siemens Oszillomink

6.2. Gravimetrie, Magnetik und Positionierung

- 2 Seegravimeter vom Typ Gss-3 (Askania), Nr.55 und Nr. 53
- 1 kreiselgestützte Horizontalplattform (Fa. Anschütz)
- 1 Landgravimeter (LaCoste-Romberg, Modell G, Nr. 480)
- 1 Protonenmagnetometer G 801/3 (Fa. Geometrics),
dazugehörige Motorwinde
- 3 Monitorschreiber für gravimetrische und magnetische
Analogaufzeichnungen
- 1 Minicomputer vom Typ PDP 11/34 (Fa. Digital Equipment)
mit 124 k Wort Speicher, Floating Point Processor,
drei Plattenlaufwerken, zwei Doppel-Floppylaufwerken,
einem Magnetbandlaufwerk, zwei Trommelplottern,
vier Terminals, einem Bildschirmgerät und einem Lineprinter
- 1 Datenerfassungsanlage für die digitalen Meßwerte der Gravimeter,
des Magnetometers, der Echolote, von Fahrt und Kurs, der
Positionsdaten (Rohdaten und prozessierte Daten), der Echtzeit
und der Schußpunktnummern

6.3. Schiffseigene Geräte

- 6 gekoppelte Hochleistungskompressoren, Typ 4 FK 115 K
der Fa. Junkers, Betriebsdruck 130 bar
- 1 Integriertes Navigationssystem der Fa. Magnavox
- 2 Echolote der Fa. ELAC, 12 kHz und 20 kHz
- 1 Sea Beam Bathymetric Survey System der Fa. General Instrument Corporation
- 1 O.R.E. (Ocean Research Equipment), Modell 140, 10 kW Sub-bottom
profiling system

Figuren 8 - 11 : Streameranordnungen für die Zeiträume:

20.03. - 22.03.1982 Figur 8, Streameränderung nach
Kollision mit Holzfloß

22.03. - 27.03.1982 Figur 9

28.03. - 03.04.1982 Figur 10, verkürzter Streamer nach
Kollision mit Korallenriff
am 27.03.1982

03.04. - 07.04.1982 Figur 11

	59,5m	56m	40,5m	7m	59m	53m	10,5m	Am	I	2m	1	2	3
	GNRG	GNRG	GLG	GLG	GNRG	GNRG	GLG	Adap.	GM	GS	GN	GS	GN
	05	03	03	02	01	07	08		02	011	033	09	015
	017	017											034
													017

4	GS	GM	GS	GN	GS	GN	GS	GN	GS	GN	GS	GN	GS	GN
29	026	01	021	035	025	10	19	023	07	011	030	07	032	021

12	GS	GM	GS	GN	GS	GN	GS	GN	GS	GN	GS	GN	GS	GN
13	02	035	029	01	24	03	18	20	31	27	03	34	12	38

20	GS	GM	GS	GN	GS	GN	GS	GN	GS	GN	GS	GN	GS	GN
11	28	06	20	08	08	017	13	05	04	37	06			

GS = Aktiv
 GN = Neutral
 GK = Mano
 GLG = Gewicht
 GNRG = Streich

Schiff: SONNE

Fahrt-Nr.: SO 23/1982

BGP - SPRINGER

Ergebnis Zusammenbau GS 022 und GN 012 unter 100 bar, 30 min

Austausch

GS 022 → GS 29 } 202
 GN 032 → GN 17 } 202

Defekte

Ausgesetzt am 20.2.82 8⁰⁰ - 13⁰⁰

Eingeholt am -----

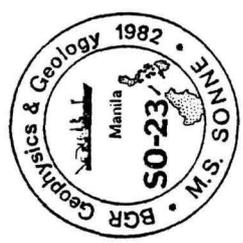
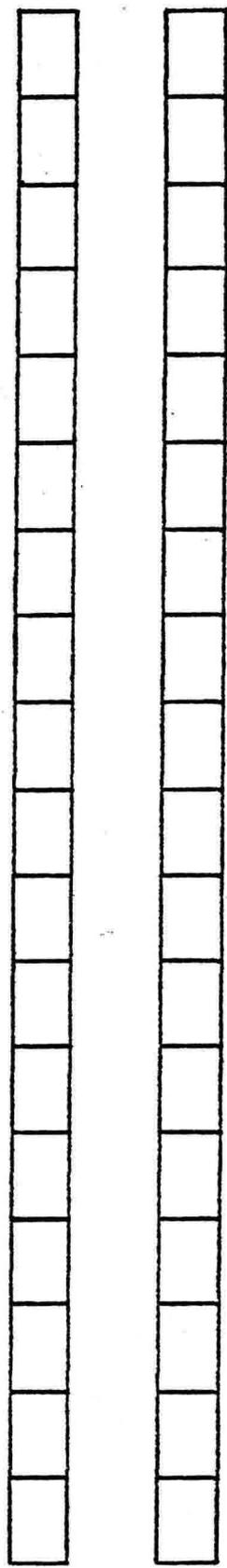
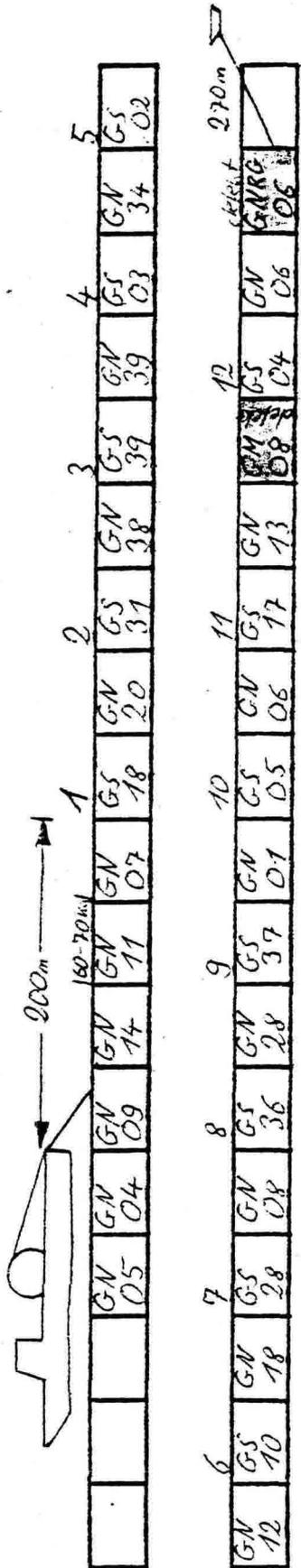


Fig. 8



BGR - STRASBURGER Fahrt-Nr.: SO23/1982 Schiff: SONNE

Ausgesetzt am 28.3.82 8⁰⁰ - 12⁰⁰

Eingeht am _____

*6 Stück GNG - Solutionen als Vorlauf
davon 2 Stück auf der Winde
ca. 60-70kg Blei auf GNG 11 verteilt*

GMO8
GNRG 06 (Loch)
Defekte

Austausch

GS = Aktiv
GN = Neutral
GM = Mano
GIG = Gewicht
GNRG = Stretch



Fig. 10

7. Erste Ergebnisse und Arbeitsberichte

7.1. Vorläufige Ergebnisse der reflexionsseismischen Messungen von K. HINZ, G. WISSMANN und A. BRAVO

Auf dem ersten Fahrtabschnitt der SONNE-Fahrt SO-23 sind in der Sulu See 3330 km Profil mit Mehrspurreflexionsseismik vermessen und 14 refraktionsseismische Sondierungen mit Sonobojen durchgeführt worden. Untersuchungsschwerpunktgebiet war das NW-Sulu Becken, in dem nach seismischen Daten der VALDIVIA-Fahrt VA 16 mächtige Sedimentakkumulationen zu erwarten sind. Die reflexionsseismischen Monitorregistrierungen sind an Bord kontinuierlich einer vorläufigen Bearbeitung unterzogen worden für die endgültige Programmplanung.

Durch Extrapolation der Ergebnisse der Bohrung CORAL-I (BEDDOES, 1976) sind 3 Reflexionshorizonte stratigraphisch grob angesprochen worden (vergl. Figur 12):

Horizont A, meist als seismische Unkonformität ausgebildet, repräsentiert nach dieser Extrapolation die Grenze zwischen Ober- und Unterpliozän. Nach dem Reflexionsmuster kann mit einiger Sicherheit angenommen werden, daß im NW-Sulu Becken die Sedimente über dem Horizont A nicht in Karbonatfazies vorliegen wie in der Bohrung CORAL-I und auf den Inseln Palawan und Balabac.

Horizont B, ebenfalls häufig als seismische Unkonformität ausgebildet, repräsentiert eine Diskordanz im mittleren Miozän.

Horizont C ist mit der Basis des Mittelmiozäns korreliert worden.

7.1.1. Diskussion ausgewählter reflexionsseismischer Profile aus dem NW-Sulu Becken

Am Beispiel von vereinfachten Laufzeitdarstellungen werden nachfolgend die Ergebnisse der reflexionsseismischen Messungen aus dem NW-Sulu Becken kurz diskutiert:

Profil S0-23-16 (Figur 13): Das Profil verläuft vom äußeren Schelf des Cuyo-Archipels nach Süden auf den Cagayan Rücken zu. Zwischen Schelfrand und Cagayan Rücken liegt ein etwa 50 km breites und halbgrabenförmiges Becken mit einer bis zu 3 sec (Reflexionszeit) mächtigen neogenen Sedimentfüllung, die prä-mittelmiozäne Sedimente überlagert. Die Anlage des Beckens erfolgte im Prä-Mittelmiozän. Die Absenkung hielt bis ins Pliozän an.

Profil S0-23-03 (Figur 14): Dieses Profil liegt westlich der vorher beschriebenen Linie und verläuft vom Schelf NE-Palawans nach SE in das NW-Sulu Becken. Die auf dem Schelf bei 2 sec Reflexionszeit beobachteten Reflexionshorizonte markieren die Oberkante der Oberkreide, die in der Bohrung ROXAS aus einer klastischen Folge von Sandsteinen, Tonsteinen und Siltsteinen (Mitt. von Dr. PORTH) besteht. Der Übergang vom Schelf zum tiefen NW-Sulu Becken erfolgt an Störungen. Eine vulkanische Intrusion vermutlich pliozänen Alters hat im NW-Sulu Becken die prä-pliozänen Sedimente durchstoßen.

Profil SQ-23-21 (Figur 15): Das Profil verläuft vom Schelfrand NE-Palawans nach SE und quert das NW-Sulu Becken. Eine Durchspießungsstruktur, die nach einer bathymetrischen Vermessung mit SEA BEAM eine konische Konfiguration hat und bei der es sich nach den magnetischen Meßdaten wahrscheinlich um eine vulkanische Intrusion handelt, hat die mittelmiozänen Leithorizonte C und B und auch den pliozänen Reflexionshorizont A durchstoßen und den Meeresboden bis auf 165 m unter Wasseroberfläche aufgewölbt.

Die unter dem Horizont C liegenden Gesteine sind durch ein tieffrequentes kontinuierliches Reflexionsmuster mit großen Amplituden ausgezeichnet. Ob es sich dabei um ein Äquivalent der von Süd-Palawan bekannten oberkretazischen bis untereoziänen Chert-Spilite Formation

- eine aus tiefmarinen Sedimenten wie Radiolarien-Kieselschiefer, flyschartige Sandsteine, pelagische Kalke und Schieferen bestehende Folge, die meist mit submarinen Laven und klastischen vulkanischen Ablagerungen assoziiert ist -

handelt oder um die auf dem NE-Schelf von Palawan erbohrten klastischen und im litoralen Milieu abgelagerten Sedimente der Oberkreide, ließ sich mit den Monitorregistrierungen nicht entscheiden.

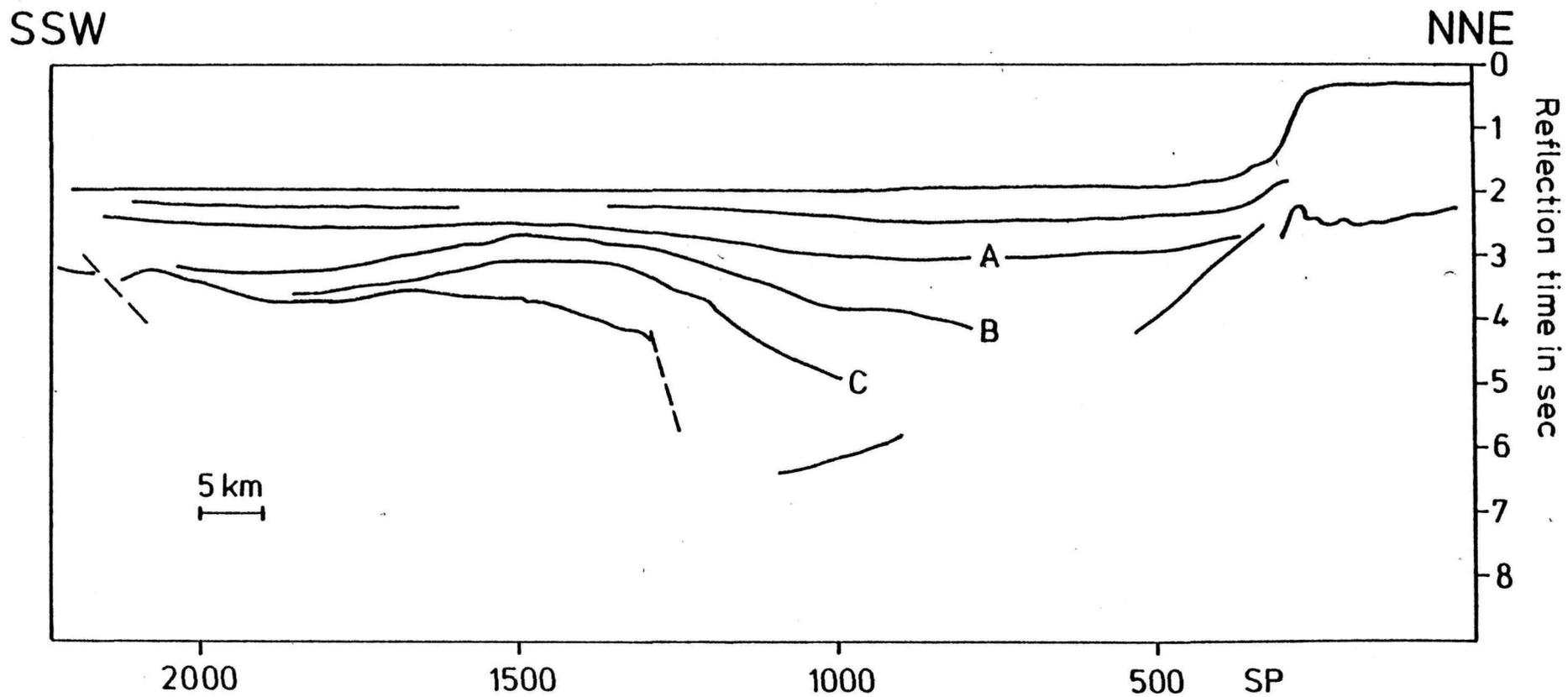
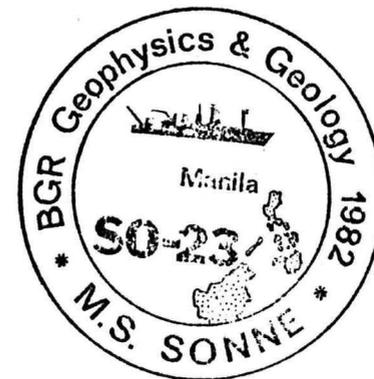


Fig. 13: Line drawing of reflection profile S0-23-16 (for location see Fig. 3)



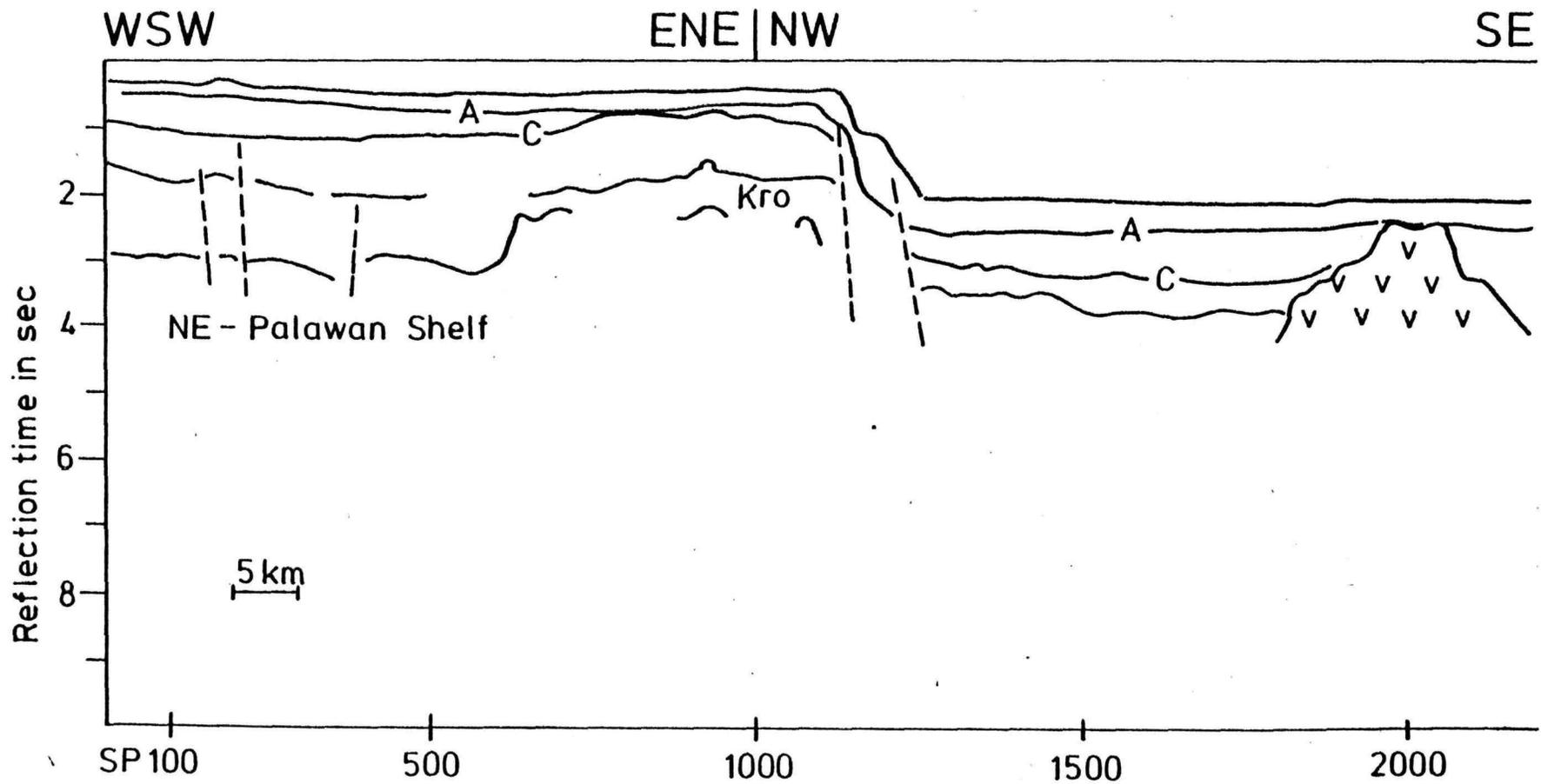
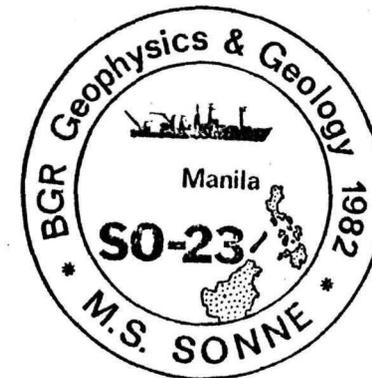


Fig. 14: Line drawing of reflection profile S0-23-03 (for location see Fig. 3)



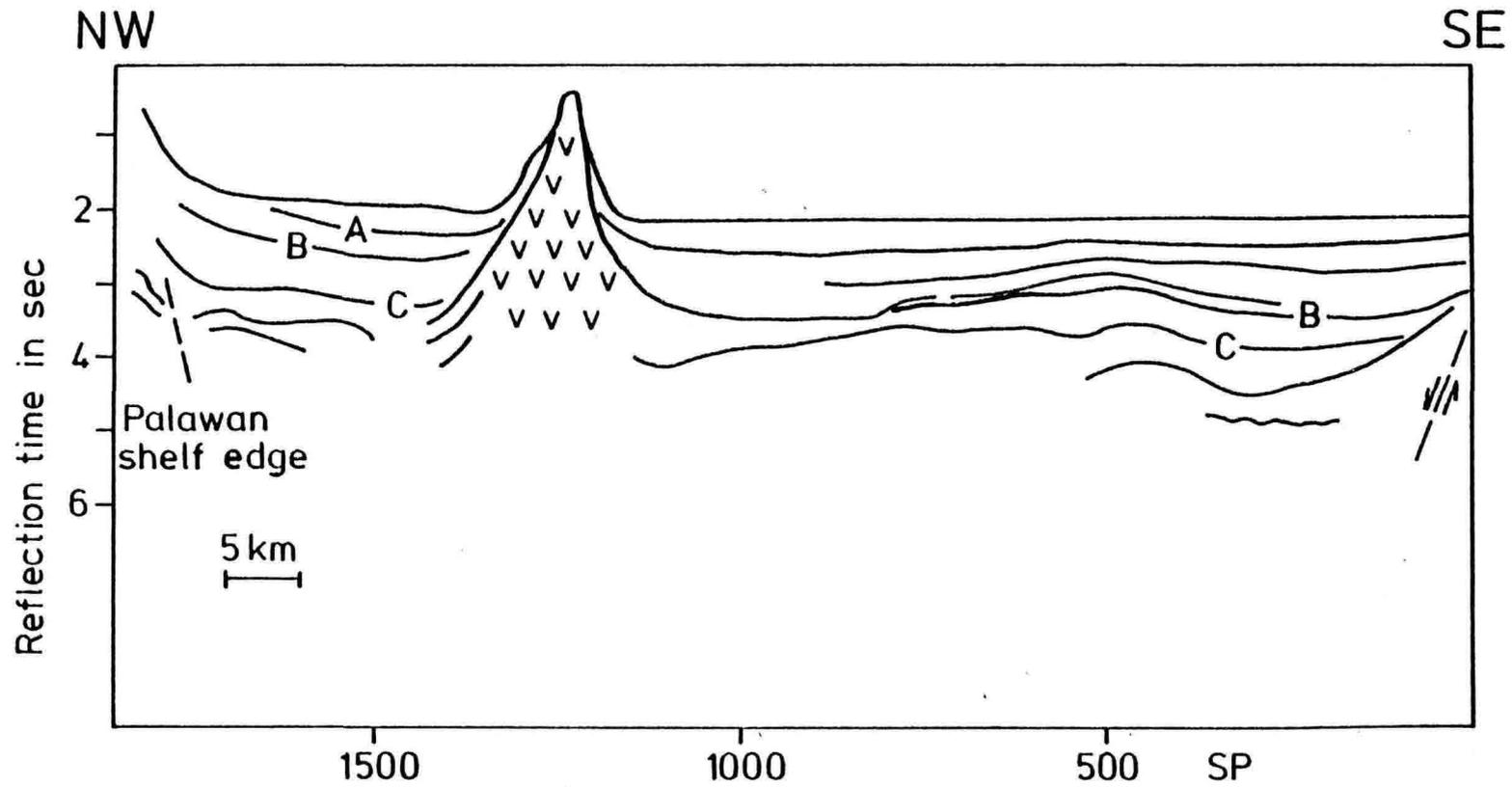
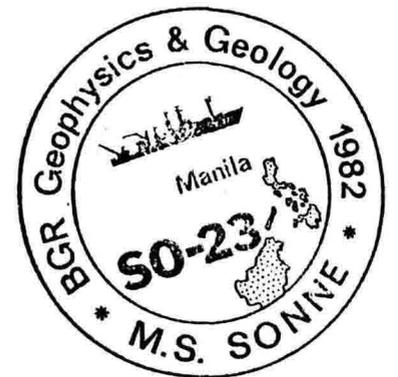


Fig. 15: Line drawing of reflection profile S0-23-21 (for location see Fig. 3)



Profile S0-23-18 und 19 (Figur 16 und 17): Auf den westlich des 120. östlichen Längengrades gelegenen reflexionsseismischen Profilen sind als neues Strukturelement im NW-Sulu Becken breite diapirische Strukturen beobachtet worden, die meist durch ein chaotisches inneres Reflexionsmuster ausgezeichnet sind. Gelegentlich sind innerhalb der diapirischen Strukturen auch Zonen mit gefalteter Schichtung in den Registrierungen erkennbar. Die Basis der diapirisch-chaotischen Komplexe war in den Monitorregistrierungen nicht zu erkennen. Die diapirisch-chaotischen Komplexe werden im Norden von dem an normalen Störungen südwärts abtauchenden akustischen Basement Palawans begrenzt. Die südliche Begrenzung bildet das an einer Störungszone endende akustische Basement des Cagayan Rückens. Der seismische Leithorizont C wird von den diapirisch-chaotischen Komplexen meist immer durchstoßen. Örtlich kann auch Horizont A durchstoßen bzw. verformt worden sein (Figur 16).

Profil S0-23-06 (Figur 18 und 19): Das V-förmig angelegte Profil verläuft im östlichen Profilteil (Figur 18) vom Schelfrand Zentral-Palawans nach Südost zum Cagayan Rücken. Das akustische Basement Palawans, bei dem es sich hier vermutlich um die oberkretazische bis untereozäne Chert-Spilite Formation handelt, bricht an Staffelbrüchen nach Süden zum NW-Sulu Becken ab. Gleichermaßen taucht das akustische Basement des Cagayan Rückens nach Norden zum NW-Sulu Becken an Störungen ab. Für das akustische Basement des Cagayan Rückens sind mit Sonobojen refraktionsseismische Geschwindigkeiten von 4 - 4,5 km/s ermittelt worden. Das abtauchende akustische Basement sowohl Palawans als auch des Cagayan Rückens wird von einem mächtigen diapirisch-chaotischen Komplex überlagert, für den auf anderen Profilen refraktionsseismisch Geschwindigkeiten von 2,4 km/s bis 3,7 km/s ermittelt worden sind. Die geologische Natur dieses Komplexes ist auch hier wie auf den vorher diskutierten Profilen noch nicht bekannt.

Mit einiger Sicherheit kann angenommen werden, daß die Absenkung bzw. die Anlage des mit mächtigen Sedimenten gefüllten NW-Sulu Beckens im prä-Mittelmiozän erfolgte vor Ausbildung des Leithorizontes C.

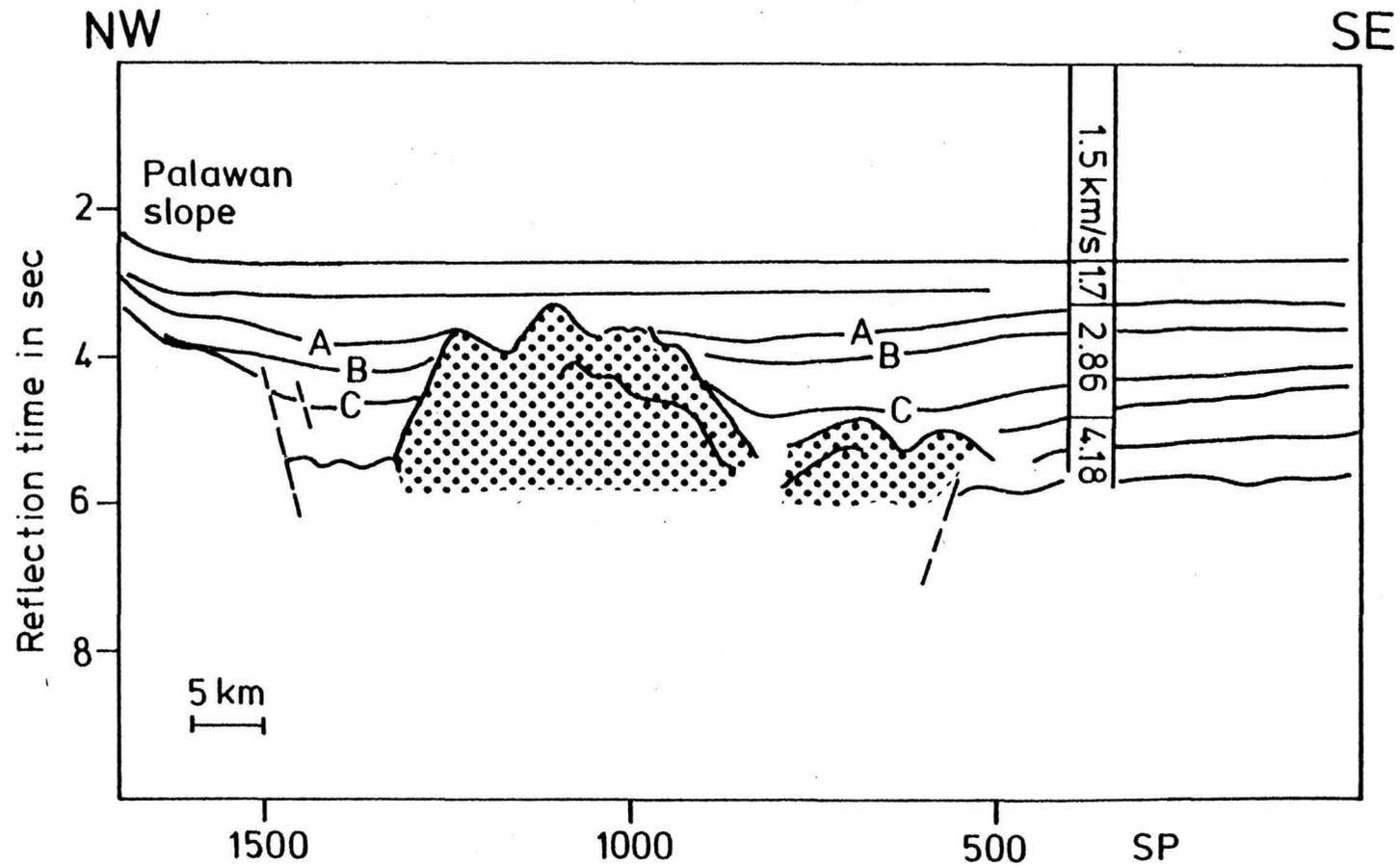
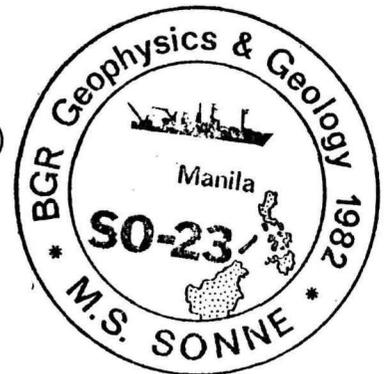


Fig. 16: Line drawing of reflection profile S0-23-18 (for location see Fig. 3)



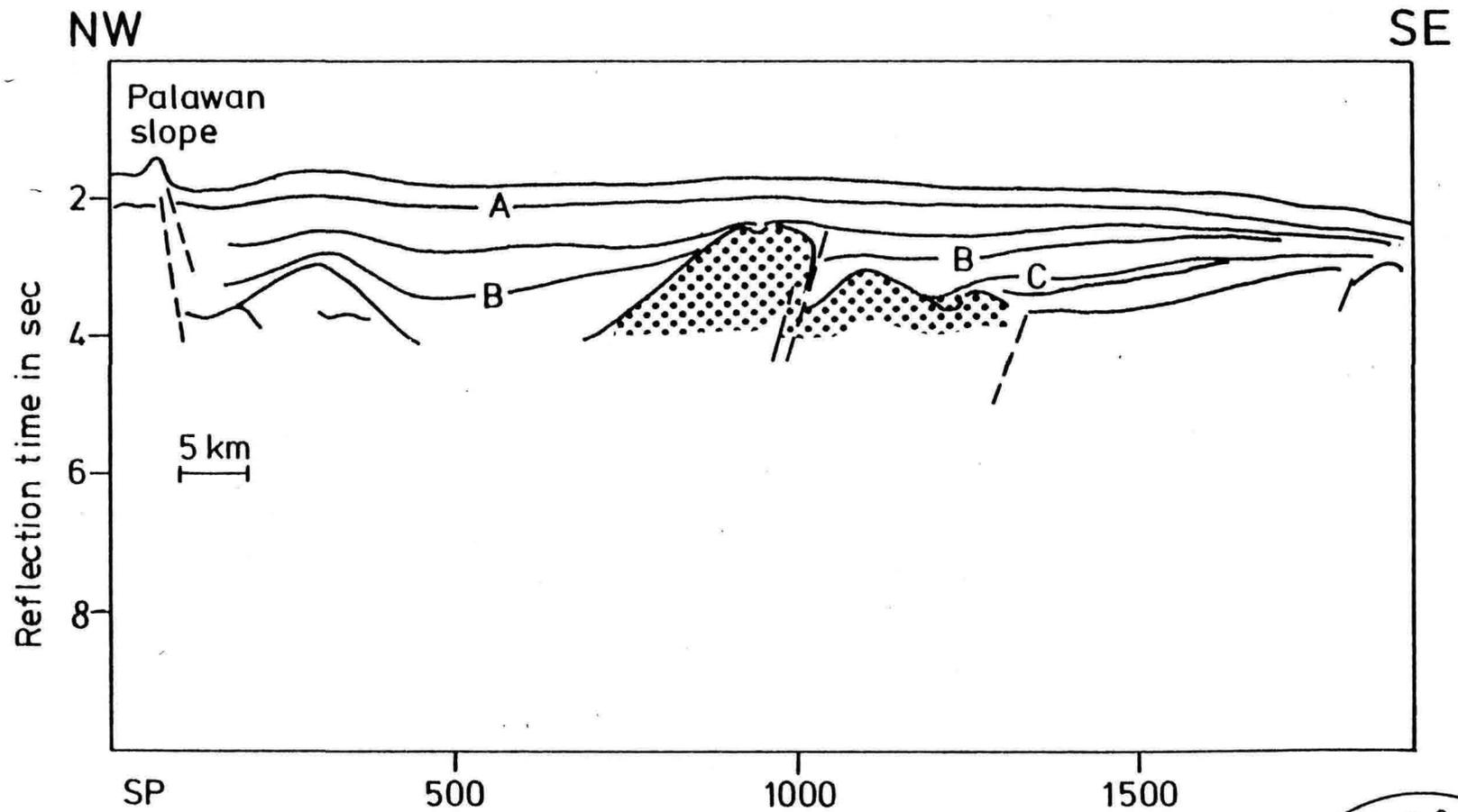
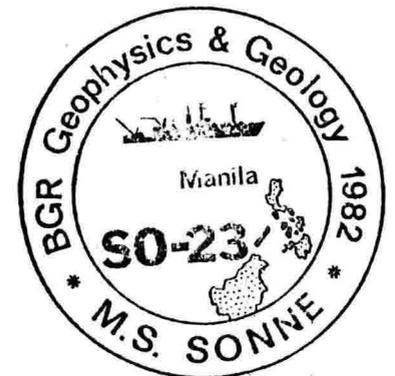


Fig. 17: Line drawing of reflection profile S0-23-19 (for location see Fig. 3)



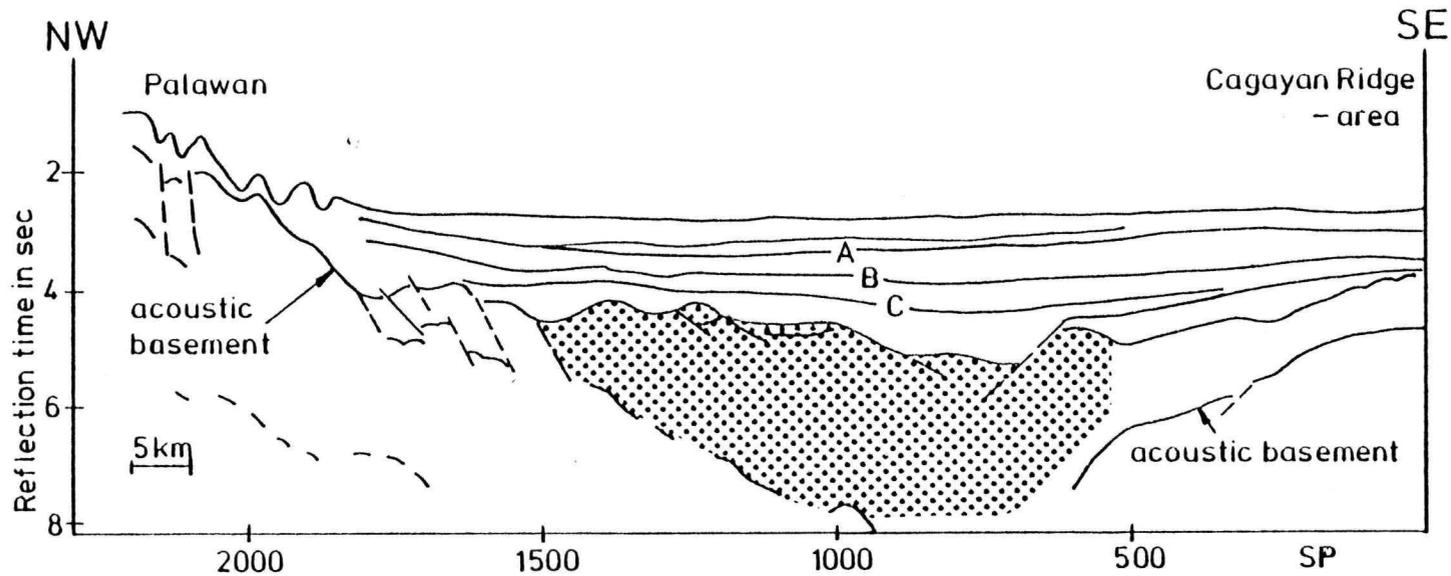


Fig. 18: Line drawing of reflection profile S0-23-06, eastern leg

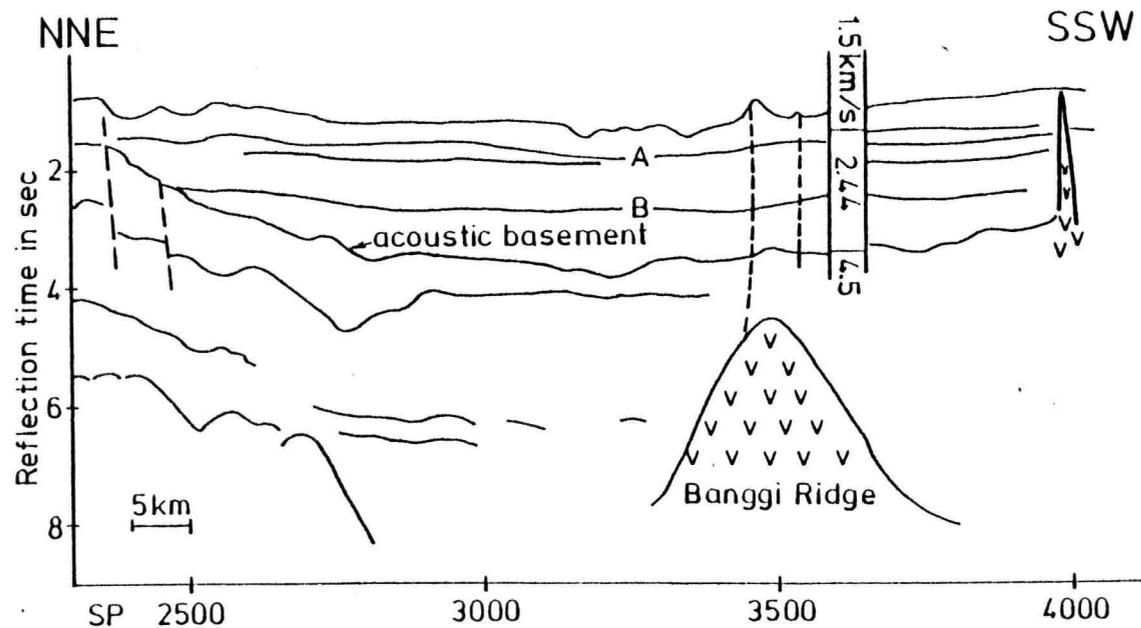
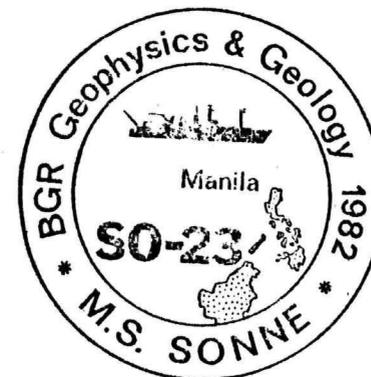


Fig. 19: Line drawing of reflection profile S0-23-06 /western leg (for location see Fig. 3)



Auf dem westlichen Teil des Profils S0-23-06 (Figur 19), das vom Schelfrand Zentral-Palawans zum westlichen Sulu Schelf mit den Sub-Becken von Balabac und Bancuan verläuft, existieren keine diapirisch-chaotischen Komplexe mehr. Es gibt aber schwache Hinweise in den Monitorregistrierungen dafür, daß unter dem akustischen Basement, für das eine Geschwindigkeit von 4,5 km/s refraktionsseismisch bestimmt worden ist, ein weiteres Becken liegt. Ein aus großer Tiefe aufsteigender kegelförmiger Körper (Figur 20), der als vulkanische Intrusion gedeutet wird, gliedert das Tiefbecken in ein nördliches und südliches Sub-Becken. Der Körper hat in einer Tiefe von 10 sec Reflexionszeit eine Breite von 25 km. Gangartige Fortsätze scheinen sich bis zum Meeresboden fortzusetzen, was auf junge Aktivität hinweisen würde. Der tiefsitzende Körper stellt sehr wahrscheinlich die östliche Fortsetzung des Banggi Rückens dar, der den NW-Sulu Schelf in das Balabac Sub-Becken und das Bancuan Sub-Becken untergliedert.

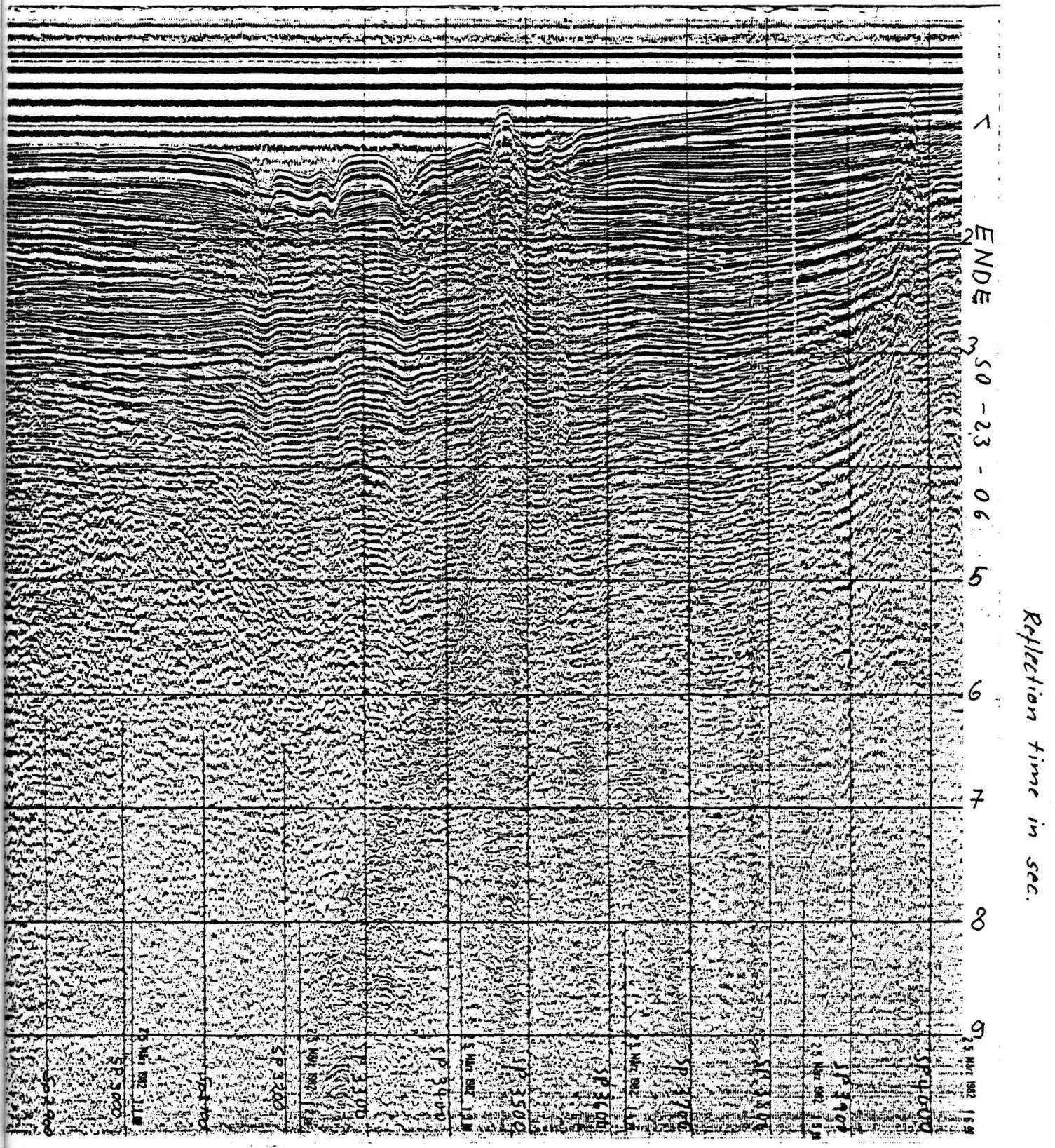
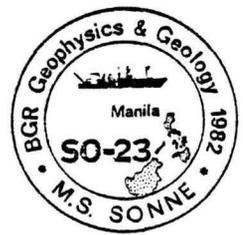


Fig. 20: A cone-shaped feature, interpreted as volcanic intrusion, has been detected on seismic line S0-23-06. The feature rises from a depth of 10 sec (reflection time) to the sea bottom and separates the Balabac Sub-basin from the Bancuan Sub-basin.

7.1.2. Strukturelemente des NW-Sulu Beckens

In Figur 21 sind die bei der Auswertung an Bord erkannten Strukturelemente des NW-Sulu Beckens dargestellt worden. Zwischen dem Schelf von Ost-Palawan und dem vulkanischen Cagayan Rücken liegt ein mit prä-mittelmiozänen und neogenen Sedimenten aufgefüllter 50 km bis 100 km breiter Graben.

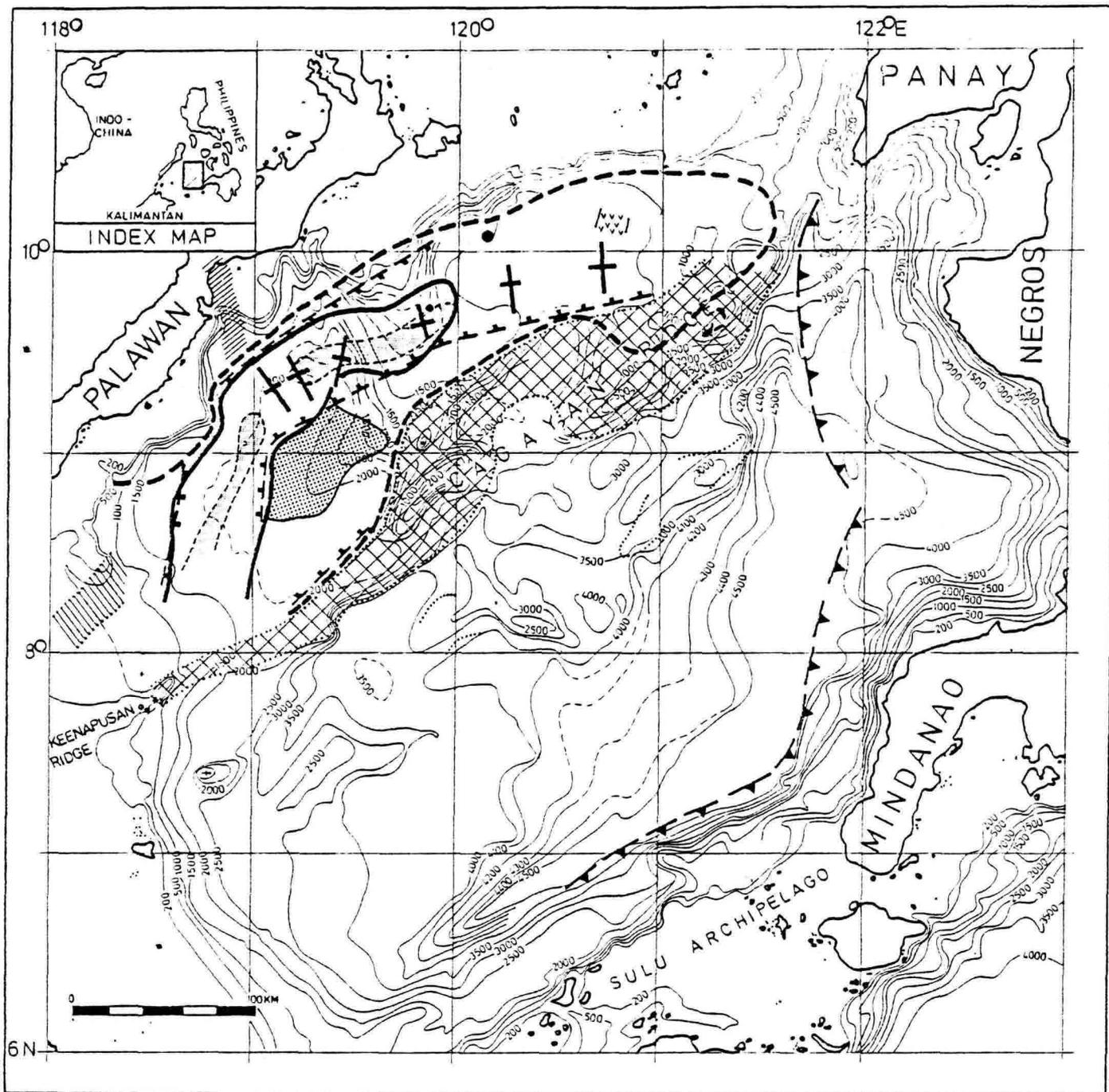
Der Graben streicht östlich des 119. östlichen Längengrades Ost-Nordost und schwenkt im Bereich der von Palawan bekannten Ulugan Bay-Störungszone in Nord-Süd-Richtung um.

Die Anlage des Grabens und Hauptabsenkung erfolgte in prä-mittelmiozäner Zeit. Nach ersten gravimetrischen Modellabschätzungen kann angenommen werden, daß die Sedimente im Grabenzentrum Gesamtmächtigkeiten von 6000 m bis 8000 m erreichen.

Dominierendes Strukturelement des Sedimentgrabens ist ein diapirisch-chaotischer Komplex von durchschnittlich 25 km Breite, der nur westlich des 120. östlichen Längengrades beobachtet worden ist. Die Basis des mächtigen diapirisch-chaotischen Komplexes war in den Monitorregistrierungen eindeutig nicht auszumachen. Die mit Sonobojen im Bereich des diapirisch-chaotischen Komplexes beobachteten Geschwindigkeiten von 2,4 km/s bis 3,7 km/s und die magnetischen Meßdaten (Mitteilung von Dr. ROESER) sprechen für eine vorwiegend sedimentäre Zusammensetzung der diapirisch-chaotischen Komplexe. Beim derzeitigen vorläufigen Auswertungsstand wird vermutet, daß es sich bei dem diapirisch-chaotischen Komplex um ein tektonisch mobilisiertes Äquivalent der Crocker Formation (mittleres Eozän-unteres Oligozän) handelt, die auf Süd-Palawan weit verbreitet ist und hier aus intensiv deformierten Arkosen, Arkosesandsteinen, Siltsteinen und Schiefen besteht (VOGEL et al., 1966). Die Schiefer sollen nach PORTH (mündl. Mitteilung) häufig mit Bitumen imprägniert sein.

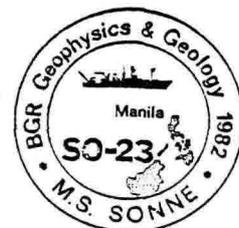
Das Umschwenken der diapirisch-chaotischen Zone beim 119. östlichen Längengrad deutet eindeutig auf Scherbewegungen entlang einer in südlicher Fortsetzung der Ulugan Bay-Störung liegenden Zone hin, derart, daß sich Süd-Palawan und der südlich angrenzende West-Sulu Schelf nach Süden bewegten relativ zu Nord-Palawan und dem südlich daran angrenzenden Teil des NW-Sulu Beckens.

Fig. 21



Legend: STRUCTURE MAP

- | | |
|----------------------------------|---|
| --- Sediment basin boundary | //// Ulugan Bay fault zone |
| — Chaotic-diapiric zone boundary | + Axis of sedimentary anticlines |
| ○ Zone of young diapirism | ▲ Subduction zone |
| ▧ Cagayan Ridge | ● Acoustic basement with very low frequency and flat reflection pattern |
| ● Volcanic intrusion | ▲ Rough and hummocky acoustic basement |
| //// Banggi Ridge | |
| — Main fault | |



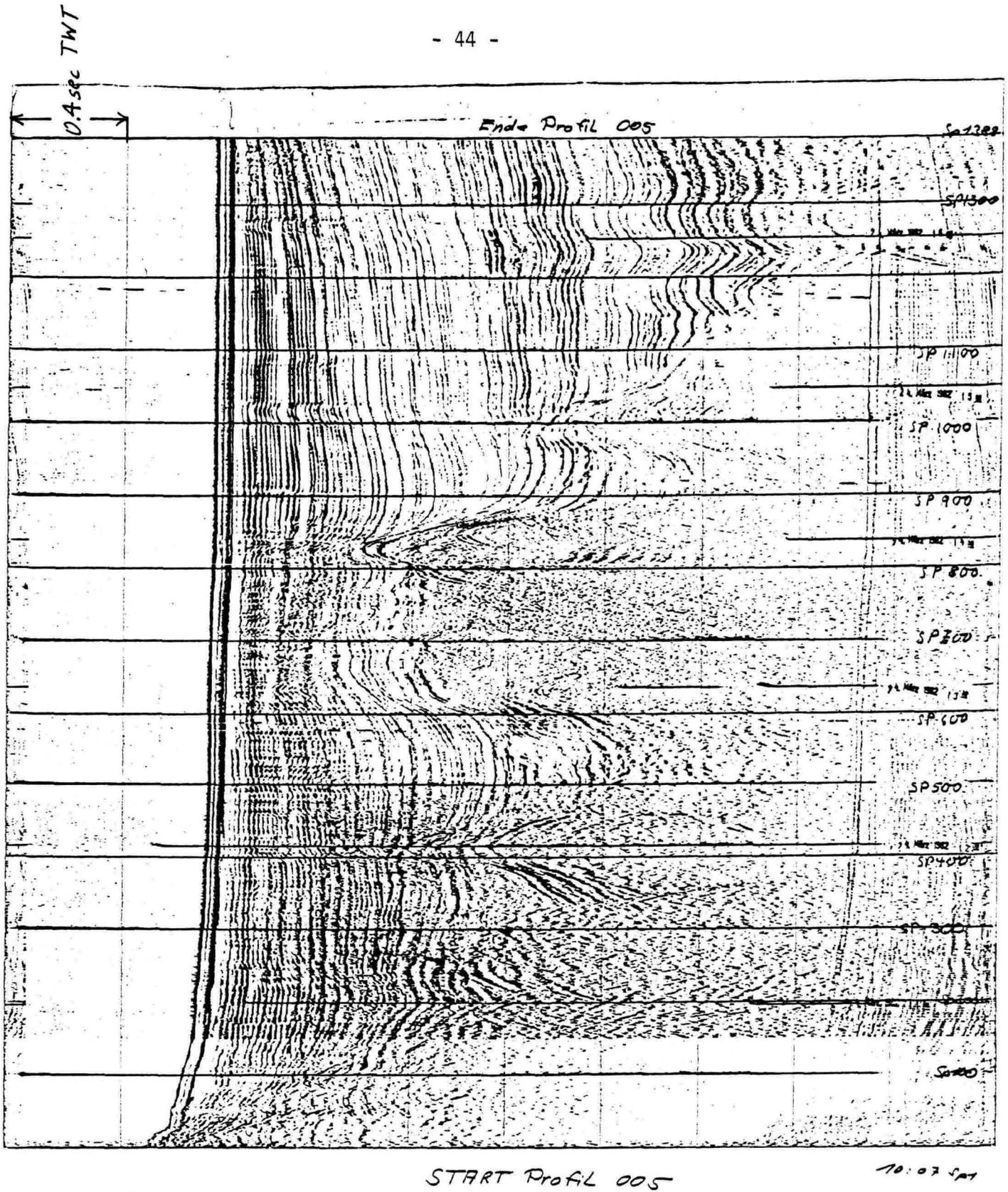
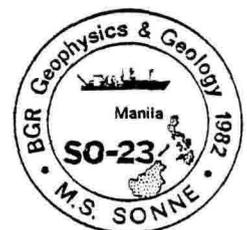


Fig. 22: Seismic monitor record of line S0-23-05 showing the diapiric-chaotic complex



Das auffällige flexurartige südwardige Abbiegen des Cagayan Rückens bei $119^{\circ}40'E$ könnte damit erklärt werden, daß aufgrund der Kollision des NE-Teils des Cagayan Rückens mit der Negros-Subduktionszone (N-S-verlaufende Subduktionszone von der Südspitze Panay bis Mindanao) im Osten, an der Negros-Subduktionszone langsamer subduziert wird als im Süden an der Sulu-Subduktionszone. Auf diese Art könnte sich ein Kompressionsfeld im NW-Sulu Becken aufgebaut haben, durch das die etwa N-S-streichenden Antiklinalen angelegt worden sind. Die Anlage der erdölgeologisch sehr interessanten Antiklinalen erfolgte im Mittelmiozän. Die vulkanischen Intrusionen im östlichen Teil des Beckens sind wahrscheinlich im Plio-Pleistozän ausgebildet worden.

7.1.3. Zu den Messungen im SE-Sulu Becken

Im SE-Sulu Becken sind die Profile S0-23-10 bis S0-23-14 (siehe Figur 3) vermessen worden, über die durch Korrelation mit Bohraufschlüssen im Sandakan Sub-Becken eine stratigraphische Einstufung der bis zu > 2 sec (Reflexionszeit) mächtigen und im Trench vor dem Sulu Inselbogen abgelagerten Sedimente erfolgen soll. Nach der ersten groben Durchsicht der Daten ist diese in > 4000 m Wassertiefe liegende Sedimentakkumulation erdölgeologisch nicht sehr interessant. Es ist eine Trenchfüllung von 20 km bis 30 km Breite. Die Sedimente fallen nach Süden zum Sulu Inselbogen hin ein und sind am Südrand des Trench intensiv deformiert bis hinauf zum Meeresboden. Für das akustische Basement sind Geschwindigkeitswerte von 4,5 km/s bis 5,7 km/s bestimmt worden. Die große Wassertiefe, die refraktionsseismischen Geschwindigkeiten sowie Topographie und Reflexionsmuster des akustischen Basements deuten auf eine ozeanische "seafloor spreading"-Kruste im SE-Sulu Becken.

7.1.4. Literatur

- BEDDOES L.R. (1976): The Balabac Subbasin, southwestern Sulu Sea.
Preprint, SEAPEX Conference, paper 15, 22 p.
- BELL R.M. and JESSOP G.C. (1974): Exploration and geology of the West Sulu Basin, Philippines.
J. Austral. Petrol. Expl. Assoc., v. 14.1: 21-28.
- BOSUM W. et al. (1972): Aeromagnetic surveys of the Palawan-Sulu offshore area of Philippines.
UN-ECAFE, CCOP Techn. Bull., vol. 6: 141-160.
- HAMILTON W. (1978): Tectonic map of the Indonesian region.
U.S. Geol. Survey, Map I - 875 - D.
- HINZ K.: Bericht über den Fahrtabschnitt VA-16-3, Ujung Pandang - Manila, der VALDIVIA-SE-Asien-Fahrt 1977.
Unveröffentl. Bericht der BGR, Archiv-Nr. 77399.
- JONGSMA D. and BARBER A.J. (1981): Studies in East Asian Tectonics and Resources.
2nd edition, issued by the CCOP Project Office.
- MURAUCHI S. et al. (1973): Structure of the Sulu Sea and the Celebes Sea.
J. Geophys. Res., 78: 3437-3447.
- NAGASAKA et al.: Terrestrial heat flow in the Celebes and Sulu Seas.
Marine Geophysical Researches, vol. 1: 99-103.
- TAMERIS E.V. et al. (1973): Late Tertiary geologic history of the continental shelf off northwestern Palawan, Philippines.
Geol. Soc. Malaysia Bull. 6: 165-176.
- VOGEL J.W. et al. (1966): Geology of the Circum-Sulu Sea area, Southwestern Philippines.
Visayan Exploration Co.

7.2. Gravimetrie und Magnetik von H.A. ROESER

7.2.1. Instrumentarium

In der Zeit 12. - 17.03.1982 wurde in Manila das Instrumentarium der Seegravimetrie/Seemagnetik installiert. Die Magnetometeranlage war noch von der vorherigen Fahrt GEOMETEP II an Bord. Größere Probleme gab es nur beim Kreiseltisch, in dessen Elektronik einige Korrosionsschäden beseitigt werden mußten. Nach zwei Tagen Arbeit lief er wieder. Beim Computersystem für die Datenerfassung/Datenverarbeitung gab es anfangs Probleme mit den Magnetplatten, die auf ein gelockertes Kabel zurückgeführt werden konnten.

Die Gravimeter wurden zwar am 12.03. sofort nach dem An-Bord-Kommen eingeschaltet, aber beim Auslaufen des Schiffes am 17.03. drifteten ihre Nullpunkte noch erheblich, erfahrungsgemäß sind für das Einlaufen 7 - 8 Tage erforderlich. Da das sonstige Instrumentarium auf SONNE durchaus in 5 Tagen installiert werden kann, werden wir für die Zukunft in die Transportbehälter eine batteriebetriebene Stromversorgung einbauen, die mit einem Zeitschalter einige Tage vor dem Beginn der Installation in Betrieb genommen wird. Wenn dann alles einigermaßen planmäßig abläuft, kann auch bei verkürzter Installationszeit ein einwandfreies Nullpunktsverhalten der Gravimeter bis zum Auslaufen des Schiffes erreicht werden.

Aus Zeitmangel konnte die Notstromversorgung der Gravimeter, die sich bei Ausfall des Netzes automatisch einschaltet, im Hafen nicht mehr installiert werden. Während des Meßbetriebes ist dieser Umbau nicht möglich.

Die Stützung des Kreiseltisches war dank des neu überholten Kreisels bis kurz vor Fahrtende fast durchweg ausgezeichnet. Einige Male traten kurzzeitig Ausfälle der Stützung auf, deren Ursache nicht festgestellt werden konnte. Am 12.04. fiel die Stützung vollständig aus. Die Ursache des Fehlers konnte nicht festgestellt werden, am 13.04. kam die Stützung ohne erkennbare Ursache wieder in Betrieb. Allerdings wanderte der Horizont stark. In der Nacht vom 13. zum 14.04. beruhigte er sich so weit, daß gegen 5 Uhr morgens ein einwandfreier Hafenwert gewonnen werden konnte. Eine Stunde

später fiel die Stromversorgung der Gravimeter völlig aus. Obwohl der Ausfall sofort entdeckt wurde und 20 Minuten später der Strom wieder eingeschaltet wurde, veränderten sich die Nullpunkte sehr stark.

Am 14.04. fiel die Stützung erneut aus. Nach einer erfolglosen Fehlersuche war am Abend des 14.04. wieder alles in Ordnung, und in der Nacht zum 15.04. hielt der Kreiselstisch seinen Horizont wieder ganz ausgezeichnet. Während dieser Zeit liefen die beiden Gravimeter ohne erkennbare Drift, sie sind jetzt also wieder einwandfrei eingelaufen.

Das Magnetometer, das auf der GEOMETEP-Fahrt nicht richtig gearbeitet hatte, lieferte auch jetzt anfänglich keine brauchbaren Meßwerte. Ursache waren Ableitungen in der Winde, über die Störungen durch das Schiff eingefangen wurden. Nach deren Beseitigung lief das Gerät während des gesamten Fahrtabschnittes ohne Probleme.

Während der Fahrt war das einschneidendste Ereignis der Verlust einer Magnetometersonde mit Kabel. Die Winde war beim Durchdrehen nur wenig beschädigt worden, so konnte das Magnetometer noch am gleichen Tag mit dem Reserve-schleppsystem wieder einsatzfähig gemacht werden. Allerdings ist dessen Kabel mit nur 250 m Länge so kurz, daß sich der Einfluß des Magnetfeldes des Schiffes nicht mehr genau genug rechnerisch berücksichtigen läßt.

Beim Computersystem fiel bei einem Plattenlaufwerk die Steuerung der Kopfbewegung aus. Es wurde durch das Reservelaufwerk ersetzt, ein Ersatzteil wurde aus Deutschland bestellt. Mehrfach gab es Probleme mit den Floppy-Laufwerken, offenbar verursacht durch Kontaktprobleme an den Steckern der Datenkabel. Ein Terminal fiel durch einen Defekt in der Hauptplatine aus, der mit Bordmitteln nicht behebbar war. Freundlicherweise wurde uns vom Schiff das Reserveterminal der SEA BEAM-Anlage zur Verfügung gestellt, das auf diese Weise auch im Dauerbetrieb getestet werden konnte.

Diese Defekte haben die Nutzbarkeit der Anlage nicht wesentlich beeinträchtigt. So gab es bei der Datenerfassung keine erwähnenswerten Unterbrechungen oder Beeinträchtigungen der Qualität.

7.2.2. Gravimetrie

Nach der Verkürzung der Installationszeit in Manila konnte der für die Gravimetrie erforderliche Hafenschluß nicht mehr durchgeführt werden. Außerdem wurde bis zum Auslaufen kein stabiler Nullpunkt erreicht. Deshalb wird das Nullpunktverhalten nur mit einer zeitaufwendigen Untersuchung der Profilschnittpunkte in Hannover ermittelt werden können. Zumindest eines der Gravimeter, wahrscheinlich Nr. 53, war übrigens selbst am 19.03. vormittags vor Roxas noch nicht voll eingelaufen. Die Differenz zwischen den beiden Messungen vor Roxas am 19.03. und am 07.04. beträgt nämlich für das Gerät Nr. 55 6 mgal, für das Gerät Nr. 53 28 mgal. So ist an Bord nicht einmal eine genäherte Auswertung der gravimetrischen Meßdaten möglich.

7.2.3. Magnetik

7.2.3.1. Magnetische Registrierstation

Wie Figur 23 zeigt, liegt die Sulu See genau unter dem magnetischen Inklinationsäquator. Hier ist nicht nur ein besonders hoher, regelmäßiger Tagesgang des Magnetfeldes bereits an magnetisch ruhigen Tagen zu erwarten (Abb. 23, nach ONWUMECHILLI 1967), sondern auch besonders starke Störungen an magnetisch unruhigen Tagen (FORBES 1981). Für die Verarbeitung der magnetischen Meßdaten ist deshalb eine magnetische Registrierstation in unmittelbarer Nähe des Meßgebietes unerlässlich.

Durch Herrn TEODORO vom Bureau of Mines and Geosciences in Manila wurden Kontakte mit der Vulcan Industrial and Mining Corporation angeknüpft, die in Roxas auf Nord-Palawan Quarzsand gewinnt. Diese Firma erklärte sich bereit, auf ihrem Gelände unsere Registrierstation aufbauen zu lassen und sie auch zu bewachen.

So flogen am 17.03.1982 die Herren ROESER und RILAT mit der Registrierstation nach Puerto Princesa auf Palawan. Dort wurden sie von einem Wagen der Vulcan Industrial and Mining Corporation abgeholt und nach Roxas

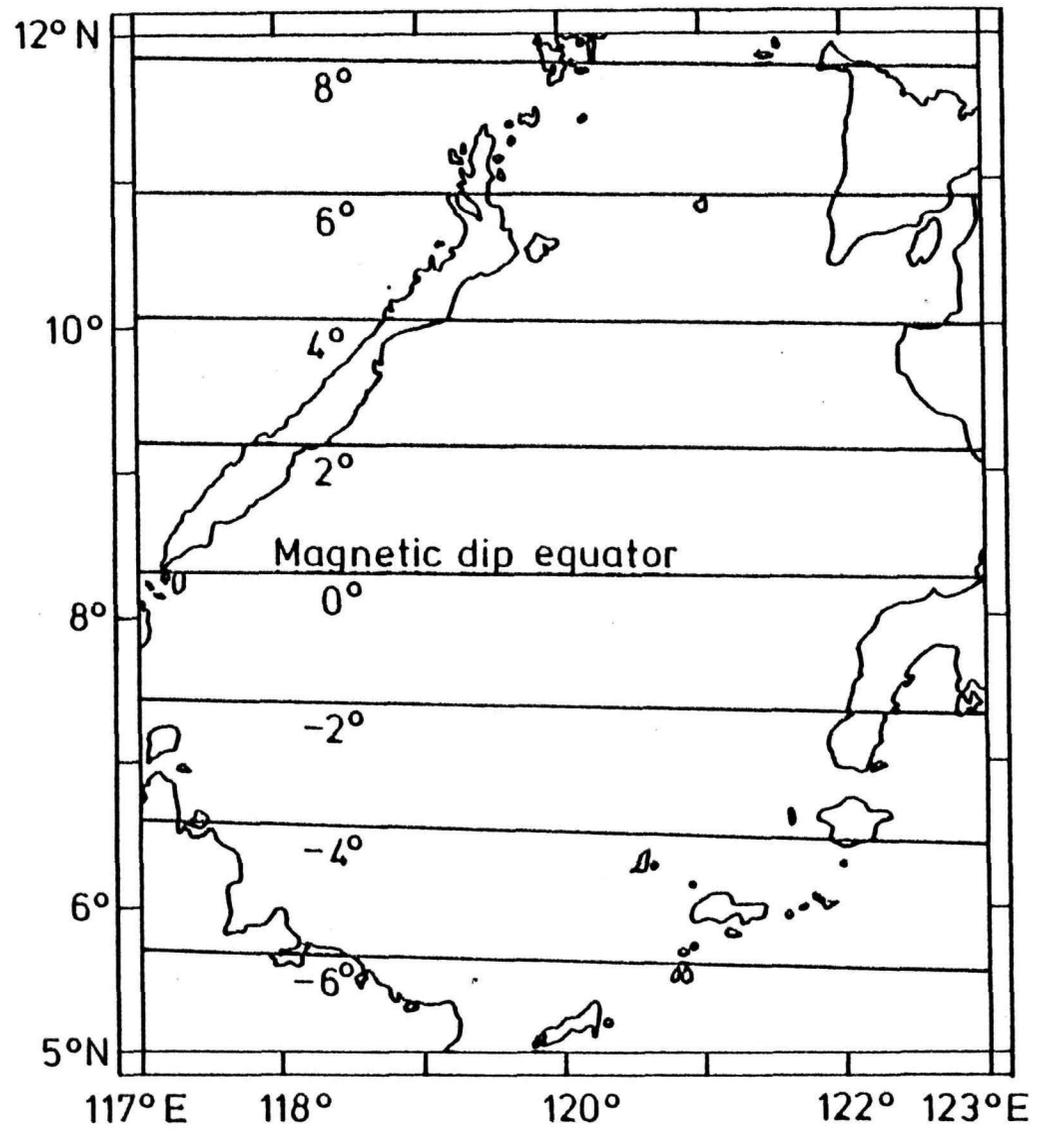
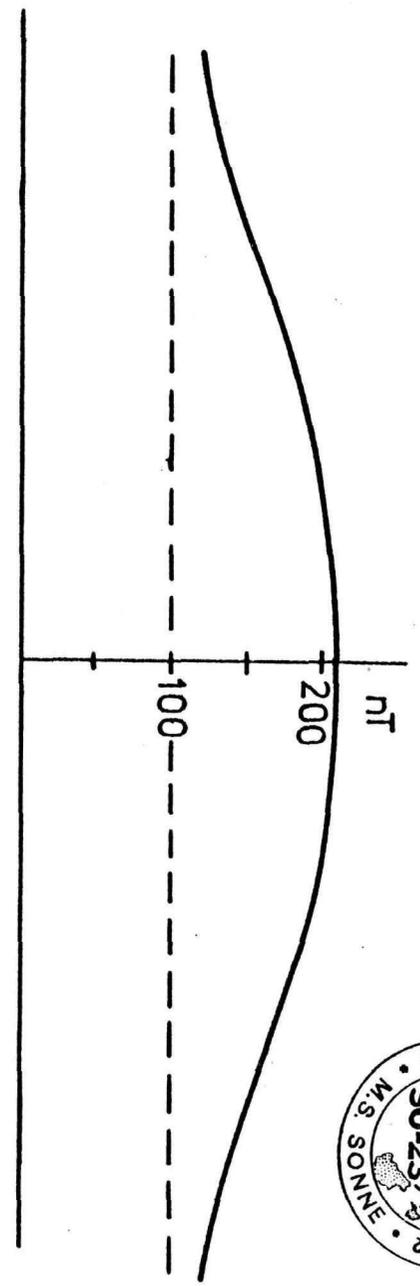


Fig. 23: Dip of the earth's magnetic field from the IGRF 1980 and (after ONWUMECHILLI 1967) daily range of the northward component on quiet days



gebracht. Am 18.03.1982 wurde die Station aufgebaut. Als Schutz für die Elektronik wurde ein Zeltdach errichtet, unter dem sich auch der Wächter aufhalten konnte. Die Sonde wurde wasserdicht verpackt in ca. 2 m Höhe an einen Baumstamm gehängt. Einige Leute der Firma wurden in die Bedienung eingewiesen. Wegen des relativ hohen Stromverbrauches von Protonenmagnetometern wird das Gerät von Auto-Batterien mit Strom versorgt, die alle drei Tage gewechselt und aufgeladen werden müssen. Weiterhin müssen zweimal täglich Kontrollzeitmarken auf den beiden Analogschreibern aufgebracht werden und die momentanen Meßwerte zur Kontrolle registriert werden. Nach der Korrektur von kleinen Bedienungsfehlern am Abend des gleichen Tages lief die Anlage bei der nochmaligen Kontrolle am nächsten Morgen einwandfrei.

Am 07.04.1982 wurde die Landstation wieder besucht. Dabei erfuhren wir, daß am 26.03. durch den Taifun "Nelson" das Zeltdach umgerissen worden war, obwohl es gut geschützt in einem Kokospalmenwald stand. Die Registrierstation war dabei unbeschädigt geblieben und hatte sogar ohne Unterbrechung weitergearbeitet.

Insgesamt sind die Registrierungen von ausgezeichneter Qualität. Sie enthalten praktisch keine künstlichen Störungen. Abb. 24 zeigt für einen charakteristischen Zeitraum einen Vergleich der Registrierungen auf dem Schiff und in Roxas. Man kann die Störungen bis in die kleinsten Details korrelieren. Allerdings sind auf dem Schiff sowohl die kurz- als auch die langperiodischen Anteile etwa doppelt so stark. Die Verstärkung scheint für die langperiodischen Anteile etwas größer als für die kurzperiodischen zu sein.

Diese Erhöhung ist teilweise dadurch verursacht, daß das Meßprofil näher am magnetischen Äquator liegt. Hauptursache ist jedoch eine starke Schwächung der Störungen in Roxas durch Induktion im Untergrund.

Da die Störungen im Vergleich zu den im größten Teil des Meßgebietes ziemlich schwachen Anomalien sehr stark sind, wird von den Variationen und von einem großen Teil der Meßdaten eine Fourieranalyse erforderlich sein, um

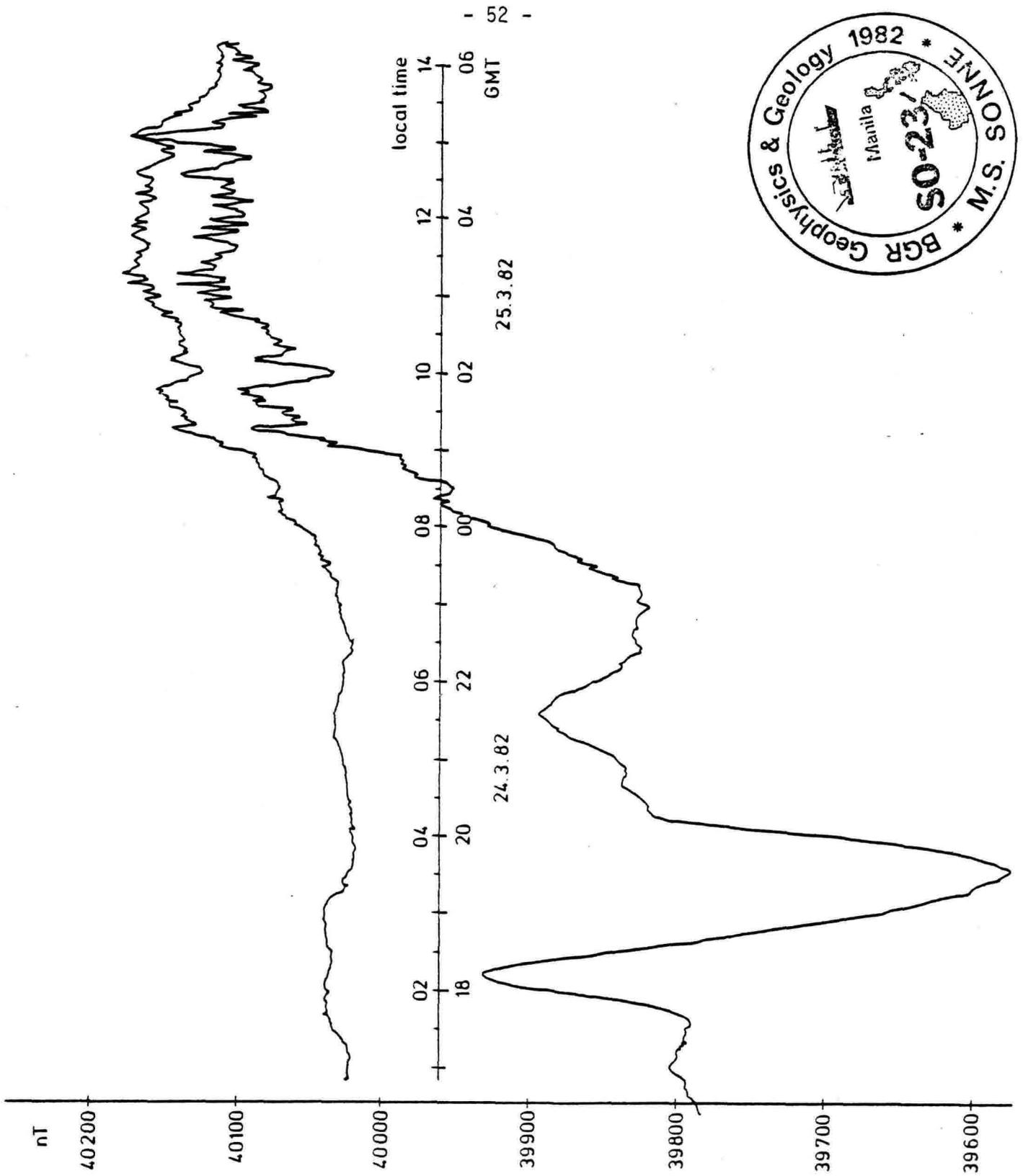


Fig. 24: Records of the total intensity of the magnetic field of the earth from Roxas/Palawan (upper curve) and from the Sulu Sea (line S0-23-06, lower curve)

zumindest für die Anteile mit nicht zu langen Perioden den erforderlichen Verstärkungsfaktor zu ermitteln. Bei den langperiodischen Anteilen wird ein direkter Vergleich der Kurven besser sein. Wegen der starken Breitenabhängigkeit wird die Verstärkung für einzelne Teilgebiete unterschiedlich festgelegt werden müssen.

Am 13.04. wurden in Muntinlupa die Registrierungen des Observatoriums mit denen von unserer Station in Roxas verglichen. Danach ist der Verlauf der Kurven im großen recht ähnlich, während die kurzperiodischen Schwankungen in Muntinlupa viel kleiner sind oder auch völlig fehlen.

7.2.3.2. Erste Interpretationsergebnisse

Bei der Datenverarbeitung wurde als erdmagnetisches Hauptfeld eine Näherungsfunktion zum Internationalen Geomagnetischen Referenzfeld IGRF 1980 (IAGA 1981) abgezogen. Diese Funktion stimmt im gesamten Meßgebiet der Fahrt SO-23 auf 1 nT genau mit dem IGRF 1980 überein.

Das Magnetfeld des Schiffes braucht bei dem anfangs verwendeten 500 m langen Kabel nicht berücksichtigt zu werden. Für das kürzere Kabel soll es auf dem nächsten Fahrtabschnitt durch eine "Sternfahrt" ermittelt werden. Zunächst ist es unberücksichtigt geblieben. Die dadurch verursachten Fehler betragen ca. 30 nT. Wegen der starken zeitlichen Veränderungen des Magnetfeldes lassen sich vor der Reduktion der Variationen nur sehr pauschale Aussagen zur Interpretation machen.

Im ganzen Bereich des Cagayan Rückens finden wir starke magnetische Anomalien. Sie sind vorwiegend negativ, wie es im Bereich des magnetischen Äquators über magnetischen Körpern zu erwarten hat.

Nordwestlich des Cagayan Rückens sind keine starken Anomalien erkennbar, im südlichen Becken der Sulu See treten einige Anomalien von etwa 100 nT Amplitude hinreichend klar über den Variationen hervor. Ob es sich dabei um die über abgesunkener ozeanischer Kruste zu erwartenden Sea-Floor-Spreading-Anomalien handelt, läßt sich noch nicht sagen.

Am 06.04. wurde vor Nord-Palawan ein Vulkan vermessen, um mit SEA BEAM Beprobungspunkte für den dritten Fahrtabschnitt festzulegen. Das über diesen Vulkan in nordnordwestlicher Richtung verlaufende Profil S0-23-021 zeigt auch nordwestlich von dem topographisch hervortretenden Vulkan auf 15 km ein stark negatives Magnetfeld. Offenbar befindet sich hier im tieferen Untergrund noch basisches Material, wobei es sich um von Sedimenten überdeckte Teile des Vulkans oder um Intrusiva handeln könnte. Die Profile der SEA BEAM-Vermessung sind zu kurz, um sie für eine magnetische Interpretation, z.B. eine Abschätzung der Magnetisierung des obersten Teils des Vulkans nutzen zu können.

7.2.3.3. Echolote und SEA BEAM

Die ELAC-Lotanlagen arbeiteten während des gesamten Fahrtabschnittes ohne wesentliche Probleme. Auch bei SEA BEAM gab es keine erwähnenswerten Geräteprobleme.

Die Bedienungssoftware bei SEA BEAM weist für den bei uns üblichen Meßbetrieb schwerwiegende Mängel auf.

Dieser Teil kann erst später nach dem Studium des Berichtes der SEA BEAM-Erprobungsfahrt nachgetragen werden.

Literatur

BOSUM W., FERNANDEZ J.C., KIND E.G., TEODORO C.F.: Aeromagnetic survey of the Palawan-Sulu offshore area of the Philippines. - United Nations ECAFE, CCOP Technical Bull. 6, 141-160, 1972.

FORBES J.M.: The equatorial electrojet. - Rev. Geophys. Space Phys. 19(3), 469-504, 1981.

IAGA Div. 1 W.G. 1: International geomagnetic reference fields: DGRF 1965, DGRF 1970, DGRF 1975, and IGRF 1980. - EOS 62(49), 1169, 1981.

ONWUMECHILLI A.: Geomagnetic variations in the equatorial zone. - In: Matsushita, S., Campbell, W.H. (eds.): Physics of geomagnetic phenomena, 425-507. Academic Press, New York, 1967.

7.3. Zum Einsatz des Airgun Synchronizer

von H. MEYER und A. POPOVICI

Erstmals auf diesem Fahrtabschnitt wurde der Airgun Synchronizer VZAD (Hersteller: PRAKLA-SEISMOS GmbH, Hannover) zur Kontrolle und zur Steuerung des Airgun Arrays eingesetzt. Mit diesem rechnergesteuerten Gerät soll erreicht werden, daß alle Kanonen im Array (auf diesem Fahrtabschnitt 10 Kanonen) zu einem vorher bestimmten Zeitpunkt auslösen. Individuelle Verzögerungen und Schwankungen der einzelnen Kanonen werden aus den vorhergehenden Schüssen bestimmt und korrigiert. Das Gerät ist zur Überwachung und Steuerung von maximal 20 Kanonen ausgelegt.

Arbeitsweise des Synchronizers:

Voraussetzung für die optimale Nutzung des VZAD im Automatikbetrieb ist der Einbau von Sensoren in den Luftpulser-Ventilen. Dadurch kann der Öffnungszeitpunkt der Luftpulser gemessen und an die VZAD Einheit gemeldet werden. Die IST-Zeit der Rückmeldung wird mit der SOLL-Zeit (=OFFSET) verglichen, die Abweichung (=ERROR) berechnet und, sofern der ERROR innerhalb des zulässigen Bereichs liegt, der neue Auslösezeitpunkt korrigiert. Um Schwingungen des Systems zu vermeiden, können die ERROR-Zeiten für 2, 4 oder 8 Schüsse gemittelt werden, ehe eine Korrektur des Auslösezeitpunktes vorgenommen wird.

Die Zeitrasterung für die Auslösung und die Rückmeldung beträgt 0,1 msec und ist unabhängig von der Anzahl der angeschlossenen Luftpulser. Der Zustand des Systems und der Luftpulser sowie die OFFSET-, DELAY- und ERROR-Zeit der einzelnen Kanonen wird nach jedem Schuß auf einem Bildschirm und von Leuchtdioden angezeigt. Darüber hinaus können die Zahl und das Maximum der Zeitnachkorrekturen seit Profilstart abgefragt werden.

Außer im Automatikbetrieb läßt sich der Synchronizer im konventionellen Handbetrieb, d.h. Einstellung der Verzögerungen ohne Korrektur durch die Sensorrückmeldungen benutzen. Weitere Möglichkeiten wie Gruppensynchronisierung und MASTER und SLAVE-Betrieb mit mehreren VZAD Einheiten sollen hier nicht weiter diskutiert werden.

Vorgabe und Einstellung der Parameter:

Nach dem Triggerimpuls von der Seismikapparatur ist der Synchronizer wegen der festen Zeitverzögerung frühestens nach 43 msec für einen Auslöseimpuls der Kanonen bereit. Da jedoch die Kanonen ebenfalls eine Eigenverzögerung haben und eventuelle Schwankungen ausgeregelt werden sollen, sollte eine ausreichende OFFSET-Zeit vorgegeben werden. Auf diesem Fahrtabschnitt erwies sich die Delay-Zeit von 30 msec als geeignet, da die benutzten Kanonen eine Eigenverzögerung von 10 - 20 msec haben. Der OFFSET-Wert wurde für alle Kanonen gleich gewählt, da das Airgun Array für eine Auslösung zum gleichen Zeitpunkt optimiert wurde.

Da der Regelbereich im Automatikbetrieb $\pm 3,4$ msec beträgt, müssen die individuellen Verzögerungs (=DELAY)-Zeiten der Kanonen zunächst mit Hilfe eines Oszillographen ermittelt und im Handbetrieb auf den OFFSET-Zeitpunkt abgeglichen werden. Da auch die Sensoren in den Magnetventilen unterschiedliche Charakteristiken haben und die Signale druckabhängig und während des Betriebes instabil sind, muß die Triggerschwelle für die Erkennung des Rückmeldesignals eingestellt bzw. nachgestellt werden. Dieses läßt sich nur durchführen, wenn die Zeitfenster, innerhalb derer die Rückmeldung erwartet wird, richtig eingestellt sind. Erst danach ist eine Umschaltung auf Automatikbetrieb möglich.

Für jede einzelne Kanone ist unabhängig von den anderen eine Wahl zwischen Automatik und Handbetrieb möglich. Dadurch können auch einzelne Kanonen weiterarbeiten, falls die Sensorsignale ausfallen.

Erfahrungen beim Betrieb des Synchronizers:

Die ersten Erfahrungen mit dem Synchronizer waren äußerst negativ. Die Betriebsanleitung enthält nicht die erforderlichen detaillierten Angaben zur Arbeitsweise und für die Einstellungen der Schwellwerte und der Zeitfenster. Außerdem sind mehrere Fehlermeldungen unzureichend oder nicht erklärt. Darüber hinaus waren alle Platinen für die Erzeugung der Zeitfenster nicht betriebsbereit, da die entsprechenden Spannungsteiler falsch bemessen waren.

Weitere Fehler traten dadurch auf, daß das Tastenfeld für die Eingabe der Parameter fehlerhaft arbeitet und offensichtlich einige Impulse unterdrückt, während andere mehrfach ausgegeben werden.

Wird beim Abschalten einzelner Kanonen versehentlich von STANDBY nach OFF geschaltet, so wird das gesamte System blockiert. Dieser Programmfehler läßt sich nur beheben, indem die gesamte Anlage abgeschaltet und neu gestartet wird. Hierbei wirkt es sich allerdings positiv aus, daß die vorher eingegebenen Parameter auch nach dem Wiedereinschalten noch im Speicher vorhanden sind.

Neben diesen echten Fehlern traten gelegentlich Schwierigkeiten bei der Einstellung der Schwellwerte für die Sensorsignale auf. Die Einstellung ist kritisch, eventuell nicht konstant und schwer kontrollierbar. Ein echter PEAKFINDER, der automatisch das Sensorsignal und damit den IST-Zeitpunkt im vorgegebenen Zeitfenster ermittelt, wäre hier angebrachter. Ebenso wäre es vorteilhaft, wenn eine Kontrolle oder Anzeigemöglichkeit für die Einstellung der Zeitfenster vorhanden wäre, da auch diese Einstellungen für die einzelnen Kanäle gelegentlich korrigiert werden mußten. Ansätze für diese Kontrollmöglichkeiten sind vorhanden, da z.B. Triggerimpulse für Meßgeräte (z.B. Oszillograph) digital im Programm eingestellt und ausgegeben werden können.

Die bisher erwähnten Mängel haben sich besonders in der Anfangsphase störend bemerkbar gemacht. Nachdem jedoch genügend Erfahrungen über den Betrieb des Gerätes gesammelt worden waren, erwies sich die Arbeitsweise des Synchronizers als relativ zuverlässig. Das Gerät ist eine wesentliche Verbesserung der Signalsteuerung gegenüber einer konventionellen manuellen Einstellung. Ein wesentlicher Vorteil ist es auch, daß die vorgegebenen Zeiten, die SOLL-IST-Abweichungen und eventuelle Kanonenfehler nach jedem Schuß angezeigt werden. Mit einer zusätzlichen oszillographischen Kontrolle der Sensorsignale lassen sich damit relativ schnell defekte Kanonen oder Druckschwankungen feststellen. Als günstig erwies es sich auch, daß der Synchronizer für 20 Kanonen ausgelegt ist, aber nur 10 Kanonen im Array

betrieben werden. Dadurch ist bei Ausfällen einzelner Kanäle ausreichend Reserve im Synchronizer vorhanden. Die Umschaltung läßt sich über Kreuzschieneverteiler für die Ventile und die Sensoren problemlos durchführen.

Zusammenfassung:

Nach einer relativ schwierigen Anlaufphase erwies sich der Betrieb des Synchronizers als zuverlässig und gut. Bei genauer Einstellung der Betriebswerte läßt es sich erreichen, daß die Kanonen innerhalb von weniger als 0,5 msec zum vorgegebenen Zeitpunkt auslösen und dieser Wert über längere Zeit konstant gehalten wird. Mit dem Synchronizer wird eine wesentliche Verbesserung in der Airgun Array-Technik erreicht.

7.4. Online-Berechnung von Satellitenfixen zur Schiffspositionskorrektur durch das Programm SATFIX von L. GORLING

7.4.1. Das auf MS SONNE installierte Navigationsprogramm der Firma MAGNAVOX

Da das von MAGNAVOX gelieferte Manual wenig, man kann sagen, gar keine Auskunft über die Struktur des Programms gibt, können uns nur die Ausdrucke der Fixergebnisse Anhaltspunkte über die Arbeitsweise liefern. Danach können folgende für unsere Arbeiten wichtige Aussagen gemacht werden:

- a) MAGNAVOX verwendet zur Berechnung nur Counts, die über einen bestimmten Erhebungswinkel (> 6 Grad) gemessen wurden.
- b) Die zur Berechnung zugelassenen Counts sind symmetrisch zur Zeit der größten Annäherung (time of closest approach) angeordnet.

- c) Die Count-analyse scheint sehr stark wirkende Eliminationskriterien zu haben, so daß unserer Ansicht oft zu viele, selbst gute Counts, weggelassen werden.
- d) Die berechnete Position des Fixes benutzt während des Satellitendurchganges nur Kurs und Geschwindigkeit, wie sie vor der Aufdatierung bestanden.

Für den Normalanwender sind diese Punkte zweitrangig, für geophysikalische Messungen auf See aber sehr wichtig, da z.B. nur durch genaue Positionen einwandfreie Reduktionen von gravimetrischen Messungen gewährleistet sind. Untersuchungen an Positionen der SO-16-Fahrt zeigten nämlich, daß bei Anwendung des Punktes d) große Positionsfehler erwartet werden können (s. DFG-Bericht Ro 315/2).

7.4.2. Verbesserung der Online-Positionen durch das Programm SATFIX

Aus diesem Grunde ist in Anlehnung an ein vorhandenes australisches Positionsberechnungsprogramm des BMR (Bureau of Mineral Resources, Canberra, Australia) bei der BGR ein Programm SATFIX entstanden, das die oben aufgeführten negativen Einflüsse vermeidet und auf dem letzten Teil des 1. Fahrtabschnittes der SONNE-Fahrt SO-23 online eingesetzt werden konnte. Da zur Berechnung des Fixes ein PDP 11/34 Computer mit dem Betriebssystem RSX 11/M zur Verfügung stand und in FORTRAN-IV programmiert werden konnte, war es möglich, wesentlich bessere Algorithmen zur Berechnung einzusetzen. So wurde die Elimination von Dopplercounts nicht von wahrscheinlichkeitstheoretischen Standpunkten abhängig gemacht, d.h. Residuen fortzulassen, die im Rahmen der Meßwerte nicht einer Normalverteilung genügen, sondern wir gaben uns eine Grenze für die Standardabweichung der Residuen, die nach der Methode der Kleinsten Quadrate ausgerechnet wurden, vor und eliminierten nacheinander jeweils die Counts mit den größten Residuen, bis die Standardabweichung unter der vorgegebenen Grenze lag. Die verbleibenden Counts wurden dann für die eigentliche Berechnung herangezogen.

Dieses Verfahren bietet den Vorteil, wesentlich mehr Dopplercounts für die Berechnung des Fixes zu haben und durch Setzen der Grenze der Standardabweichung der Residuen den Prozeß der Elimination von Dopplercounts, z.B. vom maximalen Erhebungswinkel des Satellitendurchganges, abhängig zu machen.

Bei Anwendung des Punkts 1 b) zeigt sich, daß viele gute Messungen wegen der Symmetrierung nicht berücksichtigt werden dürfen. Um dies zu vermeiden, wurde der Algorithmus so gestaltet, daß eine Wichtung der Counts in Abhängigkeit der Geometrie des Durchganges gemacht werden kann. Diese Wichtung gleicht die Unsymmetrie bei der Datenaufnahme weitgehend wieder aus.

Die entscheidende Verbesserung ist aber die nochmalige Berechnung des Fixes nach der zeitlich abhängigen, linearen Korrektur der Koppeldaten, die sich aus der Berechnung der ersten Aufdatierung ergab. Die Zeitdifferenz zum letzten aufdatierten Fix und die Größe der ersten Aufdatierung entscheiden, wie groß die an den gemessenen Koppeldaten anzubringende Korrektur des Fixes ist.

Die Differenz dieser Aufdatierung zur Aufdatierung von MAGNAVOX kann dann wieder als Korrekturgröße in das Navigationssystem eingegeben werden. Außerdem können auch die sich aus der Aufdatierung ergebenden Strömungskorrekturen eingegeben werden.

7.4.3. Arbeitsweise des Programms und Datenübernahme zur PDP 11/34

Da es unser Ziel war, die Positionen online zu berechnen, ohne den Navigationscomputer zu beeinflussen, wurde der Weg über die Leitung des Ein-Ausgabe Terminals zum Navigationssystem gewählt (s. SO-16), wobei alle Dopplercounts und Bahndaten vom Protokollausdruck genommen wurden. Die Koppeldaten selbst mußten über das Datenerfassungsprogramm der BGR erhalten werden. Dieses Einlesen der Terminalzeilen besorgen zwei Pro-

gramme, wobei das eine nur Datenzeilen einliest, das andere sie verarbeitet. Sind nun alle für die Fixberechnung notwendigen Daten eingelesen worden, kann das Programm SATFIX zur Berechnung des Fixes gestartet werden.

Diese Verkettung von 4 Programmen führte aber in der ersten Phase zu einer fast gänzlichen Belegung des verfügbaren Speicherplatzes von 124 k Worten. Dies liegt in erster Linie am Betriebssystem, das Programme, die auf Kommunikationsflaggen warten, ständig im Speicher halten will. Nur Programme, die auf Dateneingabe von Terminals warten, werden auf Platte zwischenzeitlich ausgelagert. Ein normaler Editierbetrieb war deshalb nicht mehr möglich. Das Programm SATFIX mußte deshalb so umgebaut werden, daß es jedesmal von neuem aufgerufen werden muß.

Dazu mußten einmal Variablen festgelegt werden, die ständig im Speicher gehalten werden müssen.

Für diesen Zweck hat sich die bei der SO-16-Fahrt installierte Common-Partition, ein bei der Generierung des Systems angegebener Speicherraum, auf den ständig mehrere Programme lesen und schreiben können, sehr gut bewährt. Sie wurde sogar so weit genutzt, daß viele Initialisierungsparameter laufend von außen geändert werden können. Die Berechnung der Fixe kann somit den vorkommenden Verhältnissen angepaßt werden.

Vergleich der Ergebnisse von SATFIX und MAGNAVOX:

Nach der Umarbeitung des Programms konnten ab 7. April 1982 die Satellitenfixe online nach dem oben beschriebenen Verfahren gerechnet werden.

Es zeigte sich, daß bei guten Satellitendurchgängen die Ergebnisse innerhalb des Fehlerintervalls beinahe gleich sind. Bei niedrigen und hohen Durchgängen bewährt sich aber der Aufwand mit einem größeren Programm, wie SATFIX. Bei diesen Durchgängen können die Schiffsoffiziere anhand der ausgedruckten Fixresultate oft fast gar nicht die Aufdatierbarkeit entscheiden.

SATFIX gibt aber neben dem Ergebnis und deren statistischen Fehlern Aufschluß über Fehlerquellen, wie Geschwindigkeit des Schiffes, Geoidhöhe und Offset-Frequenz. Außerdem kann durch eine Listoption die gemachte Countanalyse ausgedruckt werden.

Anhand dieser Listen konnte in diesem Zeitraum schon oft die Aufdatierung verifiziert werden, was bei MAGNAVOX nicht möglich war.

7.4.5. Anwendung des Programms für die Online-Positionierung

Nach diesen Testergebnissen meinen wir, daß die routinemäßige Anwendung des Programms nunmehr möglich ist und für den zweiten Fahrtabschnitt beschriftet werden kann.

Der Weg zur Berechnung von Fix-Positionen sieht dann folgendermaßen aus:

- a) MAGNAVOX und SATFIX berechnen Fix
Aufgrund des besser angepaßten Modells muß SATFIX eine bessere Lösung liefern.
- b) Die Differenzen in Breite und Länge zwischen den Aufdatierungen beider Programme geben die Abweichung zu MAGNAVOX an.
- c) Sind diese Werte signifikant größer als die errechneten Fehlerintervalle, so werden diese Differenzen von Hand dem MAGNAVOX-System zugeführt.
- d) Anschließend werden dann die Stromkorrekturen durchgeführt.

Wichtig zu erwähnen ist noch, daß beide Programme gleichzeitig Fixe aufdatieren oder ablehnen, da sich die Korrekturen der Koppeldaten während des Fixes auf die Zeit des letzten aufdatierten Fixes beziehen.

8. Schlußwort

Auf dem ersten Fahrtabschnitt der SONNE-Fahrt SO-23 sind in der Zeit vom 17. März 1982 bis 13. April 1982 in der Sulu See

21 Profile mit einer Gesamtlänge von 3 309 km mit digitaler Reflexionsseismik, Magnetik, Gravimetrie und Sea beam vermessen worden.

Auf 14 Stationen sind in der Sulu See refraktionsseismische Sondierungen mit Sonobojen durchgeführt worden.

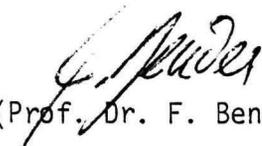
Darüber hinaus sind zur Vorbereitung des zweiten Fahrtabschnittes der SONNE-Fahrt SO-23 2 185 km Profil im Gebiet der Dangerous Grounds/ Südchinesisches Meer mit Sea beam, Magnetik, Gravimetrie vorerkundet worden.

Trotz des unglücklichen Verlustes eines Teiles des digitaleismischen Streamers ist die Qualität der seismischen Daten besser als die Qualität der auf der VALDIVIA-SE-Asien-Fahrt 1977 gewonnenen seismischen Meßdaten. Unser neues seismisches Erregersystem, eine verbesserte Positionierung, meßtechnisch ideale Wetter- und Seebedingungen und ein einsatzfreudiges wissenschaftliches und technisches Team haben dazu beigetragen. Die Mannschaft des M.S. SONNE unter Leitung von Kapitän BRUNS hat alles getan, um die Untersuchungen zum Erfolg zu führen.

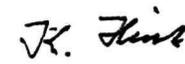
Unser Dank gilt auch dem Direktor des Bureau of Mines and Geosciences, Herrn J.C. FERNANDEZ, sowie dem Leiter der Marine Mineral Resources Division, Herrn C.F. TEODORO, und seinen Mitarbeitern und der Deutschen Botschaft, die uns in allen Phasen des Vorhabens unterstützt haben.

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN
UND ROHSTOFFE

- Der Präsident -


(Prof. Dr. F. Bender)

Sachbearbeiter:


(Dr. K. Hinz)
Direktor und Professor

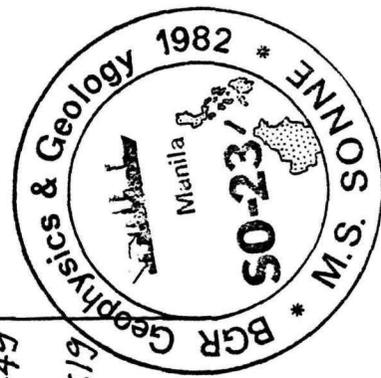
A N H A N G :

Tabelle 1 : Geophysikalische Profile in der Sulu See

Tabelle 2 : Sonobojen-Stationen

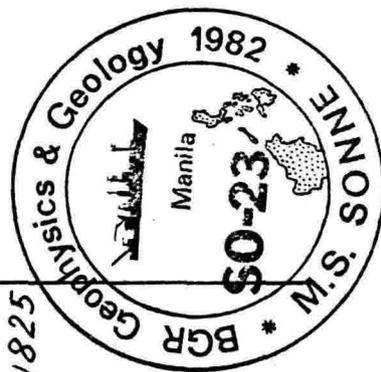
Wartungs- und Reparaturbericht

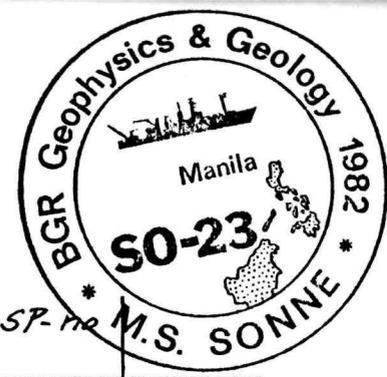
Line no	Start				End				Remarks		
	Date 1982	Time GMT	Latitude North	Longitude East	SP. no	Date 1982	Time GMT	Latitude North		Longitude East	SP. no
50-23-01	20.3.	11:19:40	09°59,664'	121°00,129'	1	21.3.	00:00	09°34,280'	119°50,700'	2808	
50-23-01A	21.3.	03:46	09°33,348'	119°44,642'	0	21.3.	14:36	09°08,316'	118°45,092'	2425	Rec. 1 - 2424
50-23-02	21.3.	17:05	09°09,338'	118°47,159'	9	21.3.	19:40	09°19,602'	118°58,456'	577	Rec. 1 - 569
50-23-02A	22.3.	06:39	09°14,875'	118°53,386'	401	22.3.	21:36:40	10°19,470'	119°56,740'	3740	Rec 1 - 3340 VP 401 - 3740
50-23-03	22.3.	21:36	10°19,491'	119°56,790'	1	23.3.	08:00	10°04,086'	120°51,360'	2262	
50-23-04	23.3.	10:15:19	10°05,028'	120°49,993'	1	24.3.	08:40	09°20,58'	118°44,648'	4985	
50-23-05	24.3.	10:07	09°23,873'	118°45,471'	1	24.3.	16:37	08°52,788'	119°09,888'	1388	
50-23-06	24.3.	20:47	08°44,339'	119°18,186'	1	25.3.	16:00	08°08,236'	118°14,979'	4041	
50-23-07	25.3.	19:53	08°08,004'	118°12,996'	1	26.3.	10:35	08°57,850'	119°26,405'	3420	
50-23-08	26.3.	13:01	08°55,003'	119°25,011'	1	26.3.	16:09	09°10,146'	119°17,775'	610	
50-23-08A	26.3.	16:34	09°09,270'	119°15,578'	1	27.3.	05:45	08°26,274'	118°14,200'	2750	
50-23-09	28.3.	04:53	08°16,456'	118°09,991'	1	29.3.	01:39	08°07,642'	120°08,159'	4449	
50-23-10	29.3.	03:56	08°07,61	120°07,220'	1	29.3.	20:44	07°09,247'	121°25,938'	3619	



Start

Line no.	Date 1982	Time GMT	Latitude North	Longitude East	SP.no.	Date 1982	Time GMT	Latitude North	Longitude East	SP.no.	Remarks
50-23-11	29.3.	22:56	07°10,256'	121°24,358'	1	31.3.	06:07	06°40,805'	118°35,453'	6285	
50-23-12	31.3.	08:02	06°40,481'	118°37,322'	1	31.3.	14:57	07°10,800'	118°59,620'	1330	
50-23-13	31.3.	17:02	07°09,996'	118°58,940'	1	1.4.	05:03	06°07,440'	119°02,290'	2410	
50-23-14	1.4.	07:17	06°08,859'	119°02,301'	1	1.4.	08:17	06°11,590'	119°06,858'	197	
50-23-14A	1.4.	10:54	06°11,797'	119°07,200'	1	2.4.	20:49	07°35,740'	121°40,805'	6651	
50-23-15	2.4.	22:10	07°35,394'	121°42,198'		3.4.	12:30	10°28,803'	121°07,314'		only magnetics, gravity, sea beam
50-23-16	3.4.	14:40	10°32,420'	121°05,534'	1	4.4.	01:51	09°33,107'	120°53,383'	2275	
50-23-17	4.4.	04:27	09°34,999'	120°55,001'	1	4.4.	23:25	08°57,380'	119°25,400'	3713	
50-23-18	5.4.	01:27	08°57,850'	119°26,410'	1	5.4.	10:06	09°40,670'	119°07,335'	1711	
50-23-19	5.4.	13:32	09°50,378'	119°20,222'	1	5.4.	23:13	09°14,175'	120°00,668'	1990	
50-23-20	6.4.	01:22	09°15,178'	119°59,890'	1	6.4.	06:56	09°31,712'	120°28,179'	1140	
50-23-21	6.4.	08:12	09°37,469'	120°28,181'	1	6.4.	16:55	10°17,752'	119°57,897'	1825	





Start

End

Station	Line	Date 1982	Time GMT	Latitude North	Longitude East	SP-no	Latitude North	Longitude East	SP-no
SO-23-I	SO-23-02A	22.3.	20:17	10°14,486'	119°50,620'	3450 3050 rec.	10°19,470'	119°56,740'	3740 3340 rec.
SO-23-II	SO-23-03	22.3.	23:05	10°20,980'	120°05,456'	320 rec.	10°22,706'	120°14,534'	660
SO-23-III	SO-23-04	23.3.	12:41	10°00,289'	120°36,310'	540	09°56,845'	120°25,641'	1000
SO-23-IV	SO-23-04	23.3.	20:43	09°44,017'	119°51,888'	2320	09°40,120'	119°39,016'	2810
SO-23-V	SO-23-05	24.3.	11:20	09°18,067'	118°49,921'	270	09°10,670'	118°55,872'	625
SO-23-VI	SO-23-06	24.3.	21:09	08°44,845'	119°16,091'	80	08°47,654'	119°05,555'	480
SO-23-VII	SO-23-06	25.3.	13:01	08°25,59'	118°15,795'	3420	08°14,230'	118°15,189'	3830
SO-23-VIII	SO-23-07	25.3	22:41	08°22,405'	118°34,162'	990	08°28,810'	118°43,300'	1400
SO-23-IX	SO-23-08	26.3.	13:04	08°55,228'	119°24,915'	10	09°08,511'	119°19,753'	535

Tabelle 2

Start

Station	Line	Date 1982	Time GMT	Latitude North	Longitude East	SP.no.	Latitude North	Longitude East	SP.no
50-23-X	50-23-14A	1.4.	11:09	06°12,332'	119°08,465'	51	06°17,138'	119°17,993'	530
50-23-XI	50-23-14A	1.4.	15:26	06°21,572'	119°25,870'	905	06°26,831'	119°36,293'	1370
50-23-XII	50-23-18	5.4.	02:41	09°03,820'	119°23,720'	250	09°12,649'	119°19,882'	606
50-23-XIII	50-23-18	5.4.	06:13	09°21,321'	119°15,960'	945	09°26,852'	119°13,475'	1250
50-23-XIV	50-23-21	6.4.	14:09	10°05,350'	120°07,516'	1250	10°06,675'	120°06,745'	1305

