

Struktur und Evolution des nordwestlichen Südchinesischen Meeres

Die „ShiYan 2“ Expedition

ABSCHLUßBERICHT

- 03G0525A-

Berichtszeitraum: 1. August bis 31. Dezember 1996

Ernst R. Flüh, Sanyu Ye

GEOMAR

Forschungszentrum für Marine Geowissenschaften
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Wischhofstraße 1 - 3
24148 Kiel

Kurzfassung (für Berichtsblatt und Document Control Sheet), ca 1/2 Seite, jeweils deutsch und englisch

Das Südchinesische Meer (SCS, South China Sea) ist ein Randmeer inmitten dreier großer Platten: der Pazifischen im Osten, der Eurasiatischen im Norden und der Indisch-Australischen Platte im Westen und Süden. Die Öffnung und die spätere Entwicklung des SCS wurde durch die komplexen Wechselwirkungen zwischen diesen drei Hauptplatten bewirkt. Aufgrund dieser Komplexität sind die in SCS ablaufenden Rift-Prozesse kaum verstanden, und gegensätzliche Hypothesen wurden aufgestellt. Die große Meinungsverschiedenheit ist sicherlich auf den Mangel an Informationen über den detaillierten Krustenaufbau zurückzuführen, die nur durch Untersuchungen mit modernen seismischen Methoden gewonnen werden können. Unsere Untersuchungen konzentrieren sich auf zwei Gebiete im nordwestlichen Südchinesischen Meer, nämlich das Yinggehai Becken (YGHB) und den Xisha Graben, die durch ihre ungewöhnliche Morphologie und tektonische Entwicklungsgeschichte auf sich aufmerksam machen.

In Zusammenarbeit mit dem South China Sea Institute of Oceanology (SCSIO), Guangzhou, Chinese Offshore Oil Nanhai West Corporation (CONHW), Zhangjiang, und Hainan Branch of the State Seismological Bureau (SSB) fand eine Fahrt mit dem chinesischen Forschungsschiff "ShiYan 2" statt. Während der Expedition vom 17. Sept. bis 8. Okt. 1996 wurden drei refraktionsseismische Profile aufgenommen, zwei davon über dem Yinggehai Becken (YGHB) westlich der Hainan Insel und eins über dem Xisha Graben südöstlich der Hainan Insel.

Eine schnelle Auswertung der refraktionsseismischen Daten entlang des Profils über dem südlichen Teil des YGHB mittels 2-D Laufzeitmodellierung lieferte erste Ergebnisse. Die mächtigen tertiären Sedimentablagerungen können im wesentlichen in zwei Schichten unterteilt werden. Die obere, mit einer Mächtigkeit von 4-5 km, entspricht einer Zone mit hohem Geschwindigkeitsgradient, und in größerer Tiefe ist eine Zone mit herabgesetzten Geschwindigkeiten (LVZ, low velocity zone) festgestellt worden. Alle Beobachtungen legen nahe, daß diese LVZ wahrscheinlich durch einen Fluidüberdruck hervorgerufen wird und zugleich energieabsorbierend ist. Dieses Ergebnis hat eine weitreichende Bedeutung für die Gas/Öl Exploration, auch wenn der Ursprung des erhöhten Fluidvorkommens noch nicht geklärt ist.

Schlagwörter: Südchinesisches Meer, Beckenentwicklung, Rift Prozesse, passive Kontinentalränder, Seismik.

The South China Sea (SCS) is a marginal sea surrounded by three major plates: the Pacific in the east, the Eurasian in the north and the Indian-Australian plate in the west and south. The opening and the subsequent development of the SCS have been controlled by the complex interaction among these three major plates. Due to this complexity, rifting processes in the SCS are still poorly understood, and contradicting hypotheses have been proposed. In general it is now agreed that the SCS is not a back-arc basin but rather a pull-apart basin. However, the mechanism responsible for the rifting of the China continental margin and the subsequent opening of the SCS is still widely disputed. One major reason for the wide diversity in the proposed models regarding the evolution of SCS is the lack of reliable structural and velocity information, which requires seismic investigation.

In cooperation with the South China Sea Institute of Oceanology (SCSIO), Guangzhou, the Chinese Offshore Oil Nanhai West Corporation (CONHW), Zhangjiang, and Hainan Branch of the State Seismological Bureau (SSB) a cruise with R/V "Shi Yan 2" (Experiment 2) of SISCO was organized during Sept. 17 - Oct. 8, 1996 in the SCS. Three seismic refraction profiles were acquired, two across the Yinggehai Basin (YGHB) west of the Hainan Island, another one across the Xisha trough southeast of the Hainan Island.

A quick interpretation of refraction seismic data across the southern Yinggehai Basin using forward 2-D traveltimes modeling yields first results. The thick Tertiary sediment can be divided in two layers. The upper 4-5 km thick layer has a high velocity gradient, underlain by a pronounced low-velocity zone. Our observations suggest that this LVZ is probably related largely to the overpressure of fluids and energy-absorbing. Our results may have a great importance regarding the hydrocarbon exploration.

Key words: South China Sea, Basin development, rifting process, passive margin, seismics

Schlußbericht

1. Aufgabenstellung

Das wissenschaftliche Hauptziel ist es, einen Beitrag zum Verständnis des Krustenaufbaus und der Evolution des nordwestlichen Südchinesischen Meeres zu liefern. Dabei sollte untersucht werden, wie Beckenformation und Riftprozesse zeitlich ablaufen und ob ein möglicher Zusammenhang mit dem gängigen Extrusions-Modell besteht. Dazu ist eine Hochauflösung der Struktur des Krustenaufbaus bis in den Mantelbereich hinein erforderlich, wie sie mit moderner Seismik erreicht werden kann. Es ist zu erwarten, daß die kombinierte Auswertung der reflexions- und refraktionsseismischen Daten ein detailliertes Bild des Krustenaufbaus liefert, und dies ermöglicht es wiederum, die Evolutionsgeschichte zu rekonstruieren.

2. Voraussetzungen

Das Vorhaben wurde in enger Zusammenarbeit mit dem South China Sea Institute of Oceanology (SCSIO), Guangzhou, Chinese Offshore Oil Nanhai West Corporation (CONHW), Zhangjiang, und Hainan Branch of the State Seismological Bureau (SSB) durchgeführt. Das SCSIO stellte das gut ausgerüstete Forschungsschiff ShiYan 2 zur Verfügung. Die Ölfirma CONHW stellte den für die Fahrt benötigten Treibstoff bereit, und sicherte damit die Hauptfinanzierung. Angesichts eines vergleichsmäßig geringen Forschungsbudgets aller chinesischer Forschungsinstitute ist ein derartig großes Forschungsvorhaben mit Nutzung eines Forschungsschiffes auf die Unterstützung von dritter Seite angewiesen. Die chinesischen Partner lieferten uns auch die notwendigen reflexionsseismischen Daten (siehe Abbildungen 1-6).

3. Planung und Ablauf

Der im Antrag dargelegte Zeitplan wurde im wesentlichen eingehalten, lediglich die Verzögerung der Forschungsgenehmigung für ShiYan 2 für Grenzgewässer machte eine zeitliche Verschiebung und auch Verkürzung der Fahrt innerhalb des Projektes notwendig. Die seismischen Messungen mit OBH im flachen Wasser des Yinggehai Beckens war äußerst schwierig, hauptsächlich weil Fischer mit ihren Treibnetzen über den Meeresgrund logistische Probleme bereiteten und einen normalen Betrieb fast unmöglich machten (s. beiliegenden Fahrtbericht, Anlage 1).

Die Fahrt mit dem chinesischen FS ShiYan 2 fand in der Zeit vom 17.09 bis 08.10.1996 statt. Vier Wissenschaftler von GEOMAR waren an der Fahrt beteiligt. Die Datenaufbereitung und eine schnelle Auswertung eines Teils der Daten konnte kurz nach der Fahrt in China bewerkstelligt werden. Es ist geplant, daß im Laufe des Jahres chinesische Wissenschaftler von GEOMAR für kurze Zeit eingeladen werden, um sich hier an der weiteren Auswertung zu beteiligen.

4. Wissenschaftlich-technischer Stand

Vor Beginn unserer Untersuchungen waren von den Kontinentalrändern Südchinas nur wenige weitwinkelseismische Profile bekannt. Hier können lediglich die ESP (Expanding Spread Profile) Messungen von Sino-USA 1985 genannt werden, deren Ergebnisse 1995 veröffentlicht wurden (Hayes et al., 1995; Nissen et al., 1995a,b). In Rahmen einer Kooperation zwischen China und Japan wurde 1993 ein 300 km langes weitwinkelseismisches Profil vor der Mündung des Pearl-Flusses mit 15 OBS vermessen. Die genauen Ergebnisse lassen noch auf sich warten. Die Qualität der ESP Daten ist nicht besonders gut, wie aus deren widersprüchlichen Interpretationen zu erahnen ist. Tektonisch sehr interessant aber fragwürdig ist die vorgestellte Hoch-Geschwindigkeitszone in der Unterkruste unterhalb des Kontinentalhanges. Angesichts der Tatsache, daß der Dehnungsprozeß des chinesischen Kontinentalrandes nicht in Begleitung von vulkanischen Aktivitäten vor sich ging, ist dieser Befund und dessen Interpretation nur mit Vorsicht zu werten.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Projekt umfaßt eine internationale Zusammenarbeit zwischen GEOMAR und verschiedenen Institutionen in China, nämlich des South China Sea Institute of Oceanology (SCSIO), Guangzhou, Chinese Offshore Oil Nanhai West Corporation (CONHW), Zhangjiang, und Hainan Branch of the State Seismological Bureau (SSB). Es wird zusätzlich angestrebt, eine Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe zu engagieren, weil sie durch ihre Vorarbeit im Südchinesischen Meer einen großes Datenarchiv und Informationsschatz hat.

6. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Die wissenschaftlich technischen Ergebnisse bis zum jetzigen Zeitpunkt sind in dem Fahrtbericht und den beiliegenden Abbildungen reflexionsseismischer Daten zusammengetragen, die diesem Bericht im Anhang vollständig beigelegt sind. Es ist gelungen, reflexions- und weitwinkelseismische Daten in guter Qualität in Rahmen internationaler Zusammenarbeit zu gewinnen. Diese Daten sind vielversprechend und stellen eine gute Voraussetzung für weitere Arbeiten dar.

Angesichts der kurzen Zeit seit der Feldmessungen im letzten Herbst ist die Datenauswertung noch nicht weit fortgeschritten. Es ist lediglich eine schnelle Auswertung der Daten über dem südlichen Yinggehai Becken mittels 2-D Laufzeitmodellierung vorgenommen worden. Die mächtigen tertiären Sedimentablagerungen können im wesentlichen in zwei Schichten unterteilt werden. Die obere mit einer Mächtigkeit von 4-5 km entspricht einer Zone mit einem hohen Geschwindigkeitsgradient, und in größerer Tiefe ist eine Zone mit herabgesetzten Geschwindigkeiten (LVZ, low velocity zone) festgestellt worden. Die Existenz einer LVZ wurde eigentlich nicht erwartet, weil keine Faziesänderung in den Sedimentablagerungen aus den Reflexionsdaten zu erkennen ist. Die Untergrenze des YGHB, die vermutlich aus mesozoischem kristallinen Grundgebirge besteht, ist nur am Rand des Beckens gut bestimmt. Obwohl das kristalline Grundgebirge eine Grenzfläche mit starkem Geschwindigkeitskontrast zu dem

darüberliegenden Sediment darstellt, sind entgegen unserer Erwartung keine Reflexionen/Refraktionen von dieser Grenzfläche in der Mitte des Beckens zu erkennen. Alle diese Beobachtungen legen nahe, daß diese LVZ wahrscheinlich durch einen Fluidüberdruck hervorgerufen wird und zugleich energieabsorbierend ist. Unsere Ergebnisse haben eine weitreichende Bedeutung für die Gas/Öl Exploration, auch wenn der Ursprung der erhöhten Fluidanreicherung noch nicht geklärt ist.

Erstmals ist es gelungen, im Rahmen einer Zusammenarbeit zwischen Deutschland und China reflexionsseismischen Daten von chinesischen Partnern inklusive nationaler Ölfirma zu bekommen (Abbildungen 1). Die von der Ölfirma CONHW zur Verfügung gestellten reflexionsseismischen Daten im Yinggehai Becken weisen eine gute Qualität mit einer hohen Überdeckung (Anzahl der Kanäle von 48-120, Abbildungen 2-4) auf, während die Daten vom SCSIO zwar eine gute Energieeindringung aber kleine Unregelmäßigkeit in der Aufnahme zeigen (Abbildungen 5-6). Mit diesen Daten wird es uns möglich sein, die Strukturen von den betroffenen Gebieten besser aufzulösen und daraus interessante Ergebnisse abzuleiten.

7. Voraussichtlicher Nutzen

Die ersten erzielten Ergebnisse und das detaillierte Geschwindigkeitsmodell, führen insgesamt zu einem besseren Verständnis der Formation des Yinggehai Beckens. Die Entdeckung einer mächtigen Geschwindigkeitsinversionszone in 4-5 km Tiefe hat eine große unmittelbare Bedeutung für die Kohlenwasserstoffexploration und -förderung in diesem Gebiet. Die einzige plausible Erklärung, daß die Geschwindigkeitsinversion durch eine Anreicherung von Fluiden hervorgerufen wird, impliziert wiederum Erkenntnisse über die Entstehung dieses sehr schmalen aber dennoch sehr tiefen Beckens. Ferner stellt das Geschwindigkeitsmodell ein makroskopisches Geschwindigkeitsmodell dar, das sicherlich durch Korrelationen mit der seismischen Stratigraphie auf das ganze Becken extrapoliert werden kann. Dies ist dann wiederum sehr hilfreich für die verbesserte Verarbeitung von reflexionsseismischen Daten. Es ist vorgesehen, durch eine neue Bearbeitung mit besseren technischen Verfahren Aussagen darüber zu treffen, wie weit die Beckenstruktur durch die Verschiebung gestört ist, und ob so eine Verschiebung von über 500 km mit der jetzigen Beckenstruktur vereinbar ist.

Die Auswertung der Daten mit hervorragender Qualität und guter Überdeckung über dem Xisha Graben wird im Zusammenhang mit den reflexionsseismischen Daten ein detailliertes und zuverlässiges Krustenmodell liefern. Dieses wird unserer Ansicht nach viele offene Fragen hinsichtlich der tektonischen Bedeutung des Xisha Grabens, des Riftsprozesses in einem fortgeschrittenen Stadium und des Zusammenhanges zwischen dem mikrokontinentalen Xisha-Block und dem Festland Chinas beantworten. Der Xisha Graben ist einerseits als extrem verdünnte Kontinentalkruste kurz vor der Öffnung interpretiert, andererseits legt der Unterschied im Krustenaufbau unter dem Xisha Mikrokontinent und dem ihm nördlich gegenüberstehenden Kontinentalhang nahe, daß der Xisha Graben ein Suture, ein Überbleibsel von Tethys, darstellt, die später durch das Öffnen des Südchinesischen Meers reaktiviert wurde. In den zukünftigen Arbeiten

kann die Existenz dieser Hochgeschwindigkeitszone in der Unterkruste unter dem südchinesischen Kontinentalhang besser belegt oder widerlegt werden.

Das südwestliche Subbecken ist von allen Gebieten des Südchinesischen Meers am wenigstens erforscht. Die Entwicklungsgeschichte des SW Subbeckens ist daher sehr umstritten, wie von einer Reihe gegensätzlicher Hypothesen demonstriert wird. Die von SCSIO zur Verfügung gestellte reflexionsseismischen Daten geben uns erstmals die Möglichkeit, die Struktur der ozeanischen Kruste mit modernen seismischen Methoden zu untersuchen. Die gewonnenen Ergebnisse werden sicher zum besseren Verständnis der Evolution von diesem Tiefsee Beckens beitragen.

8. Ergebnisse Dritter

Aufgrund einer detaillierten Studie über den Xisha Graben und das östlich angrenzende NW Tiefseebecken anhand reflexionsseismischer Daten weist Wissmann (BGR) (Wissmann et al., 1996) auf rezente tektonische Aktivität in diesem Gebiet hin. Rezenter Vulkanismus scheint auch die jungen Sedimente durchbrochen und frische submarine Eruptionen hervorgerufen zu haben. Dieser neue Befund wird die Diskussion über die tektonische Entwicklung aufheizen und verlangt zugleich eine Abklärung anhand neuer Ergebnisse.

9. Liste der Vorträge und Veröffentlichungen

9.a Veröffentlichungen:

Ye, S., 1997. Cruise Report of ShiYan 2: Wide-angle reflection seismic survey in the northwestern South China Sea. Geomar internal report, pp 52. **Anlage 1.**

9.b Vorträge

Ye S., Flueh E., Stavenhagen A., Xia K.Y., Zhou D., Su D.Q., Liu S.J., Vortrag: Seismische Weitwinkelmessungen im Südchinesischen Meer — erste Ergebnisse der "Shi Yan 2" Expedition. DGG 97, Potsdam.

10. Literaturverzeichnis

Hayes, D.E., Nissen S.S., Buhl P., Diebold J., Yao B., Zeng W. and Chen Y., Throughgoing crustal faults along the northern margin of the south China Sea and their role in crustal extension, JGR, 100, 22435-22446, 1995.

Nissen S.S., Hayes, D.E., Buhl P., Diebold J., Yao B., Zeng W. and Chen Y., Deep penetration seismic soundings across the northern margin of the South China Sea, JGR, 100, 22407-22434, 1995.

Nissen S.S., Hayes, D.E., Yao B., Zeng W. and Chen Y. and Nu X., Gravity, heat flow, and seismic constraints on the processes of crustal extension: Northern margin of the South China Sea, JGR, 100, 22447-22484, 1995.

Wissmann, G., Kudrass H., and Hinz K., Continuing rifting on the South China Margin, results of cooperation by state geoscience institutes BGR/Hannover and SOA/Hangzhou in Sonne cruises 49 and 58. Geowissenschaften 14, 7/8, 312-312, 1996.

Danksagung

Wir danken dem BMFT für die gewährte Unterstützung und dem Projektträger DLA, namentlich Frau Dr. Hongsernant für die reibungslose und stets schnelle Abwicklung aller administrativen Dinge. Unser besonderer Dank gilt weiterhin der Schiffsführung und Mannschaft der FS ShiYan 2.

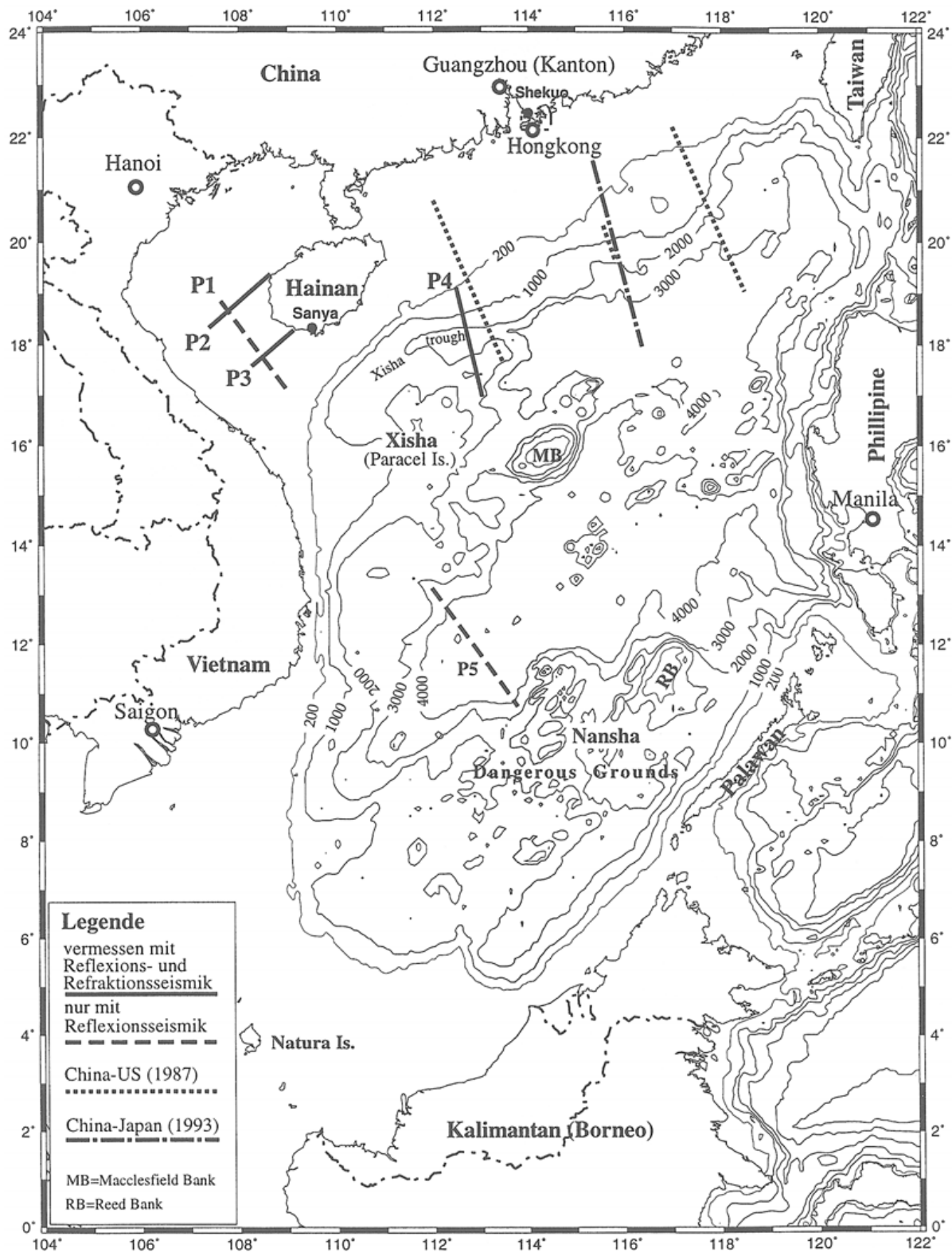
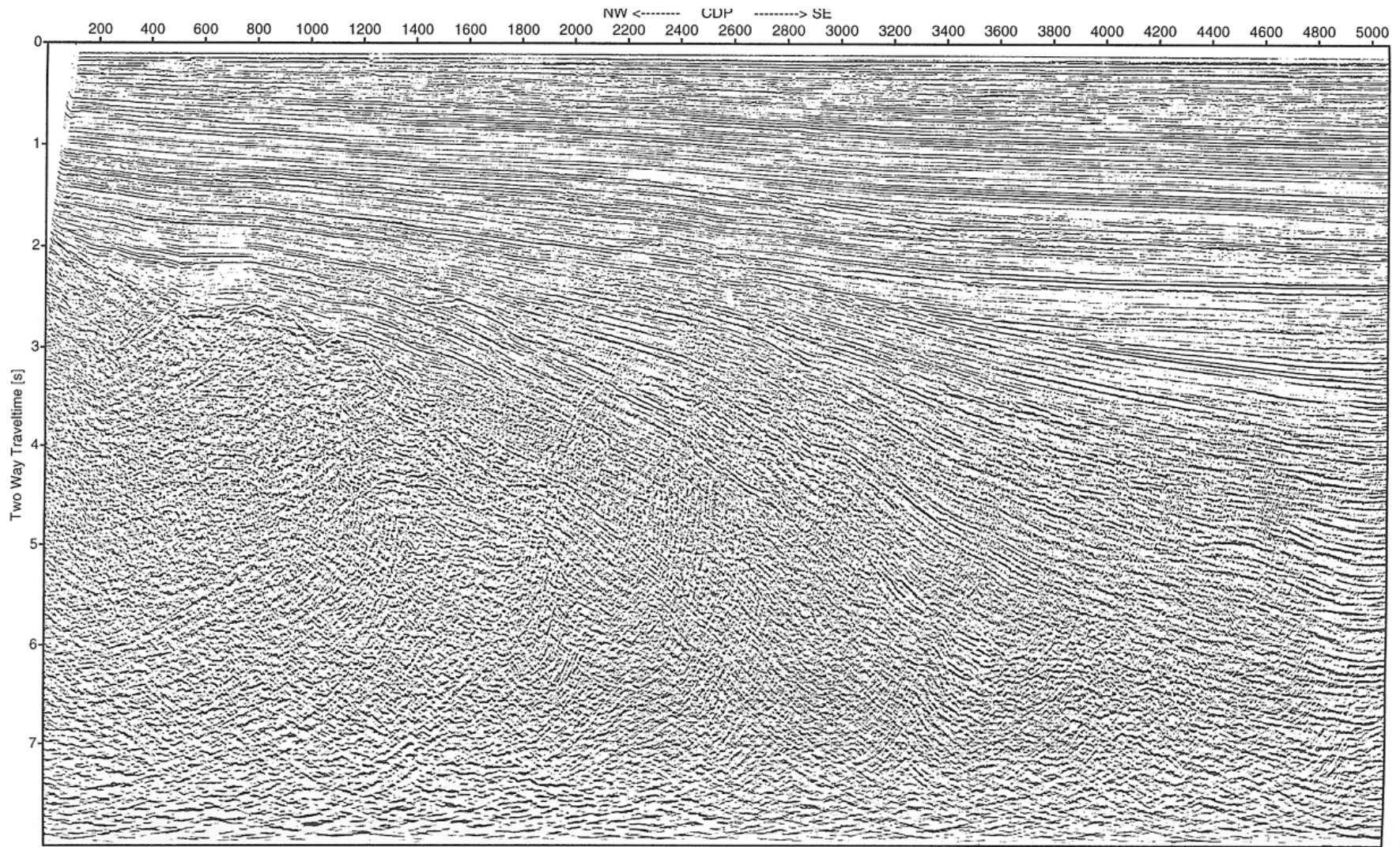


Abbildung 1: Bathymetrie des Südchinesischen Meers und Lageplan von seismischen Profilen.

Abbildung 2: Zeitmigierte Sektion von Profil 1.



South China Sea Yinggehai Basin Line 4492 --- P1 Time Migrated

Abbildung 3: Nahspursektion von Profil 2.

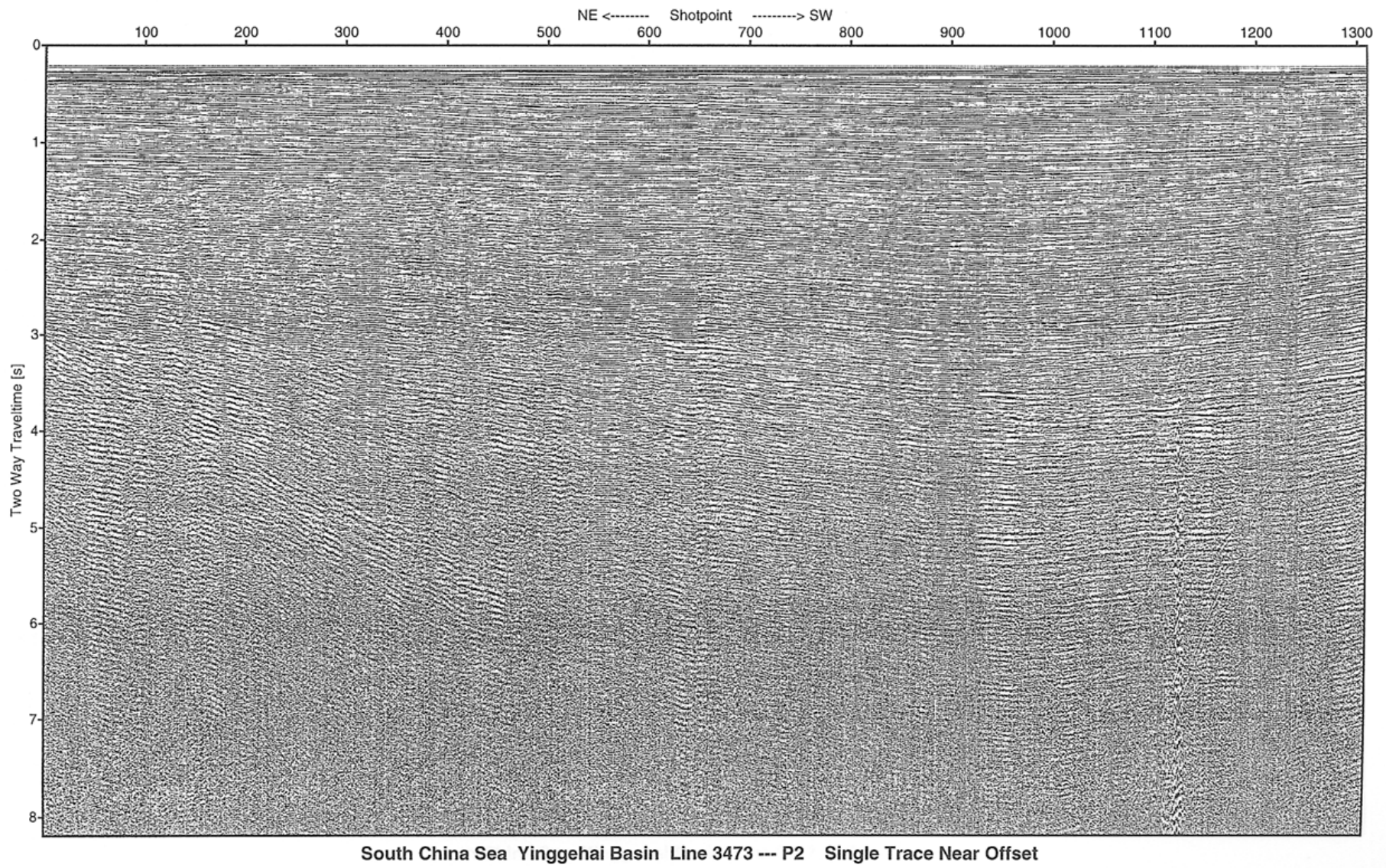
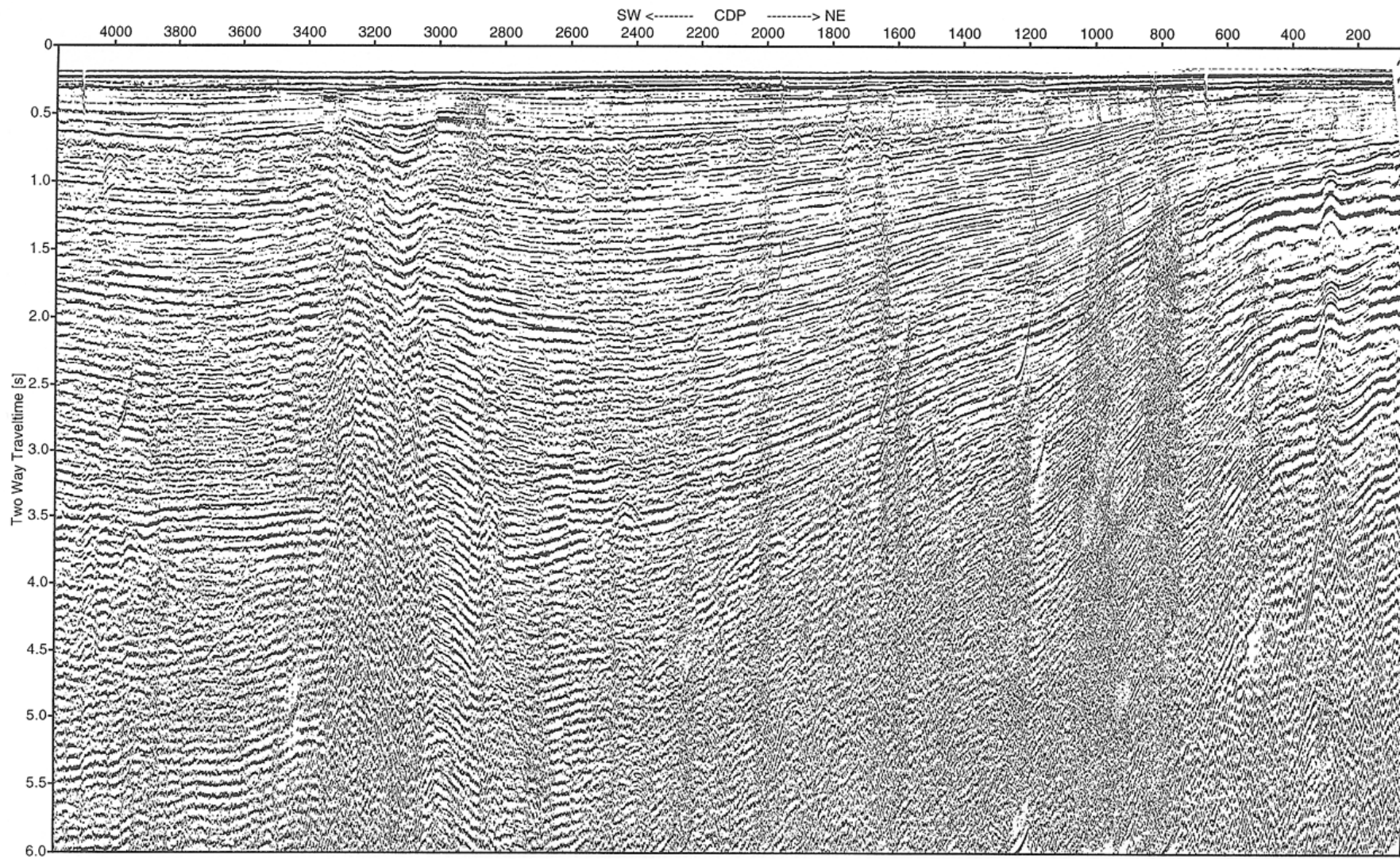


Abbildung 4: Stapelsektion von Profil 3.



South China Sea Yinggehai Basin Line 3587 --- P3 Brutestack

Abbildung 5: Südlicher Abschnitt der Nahspurteilung von Profil 5.

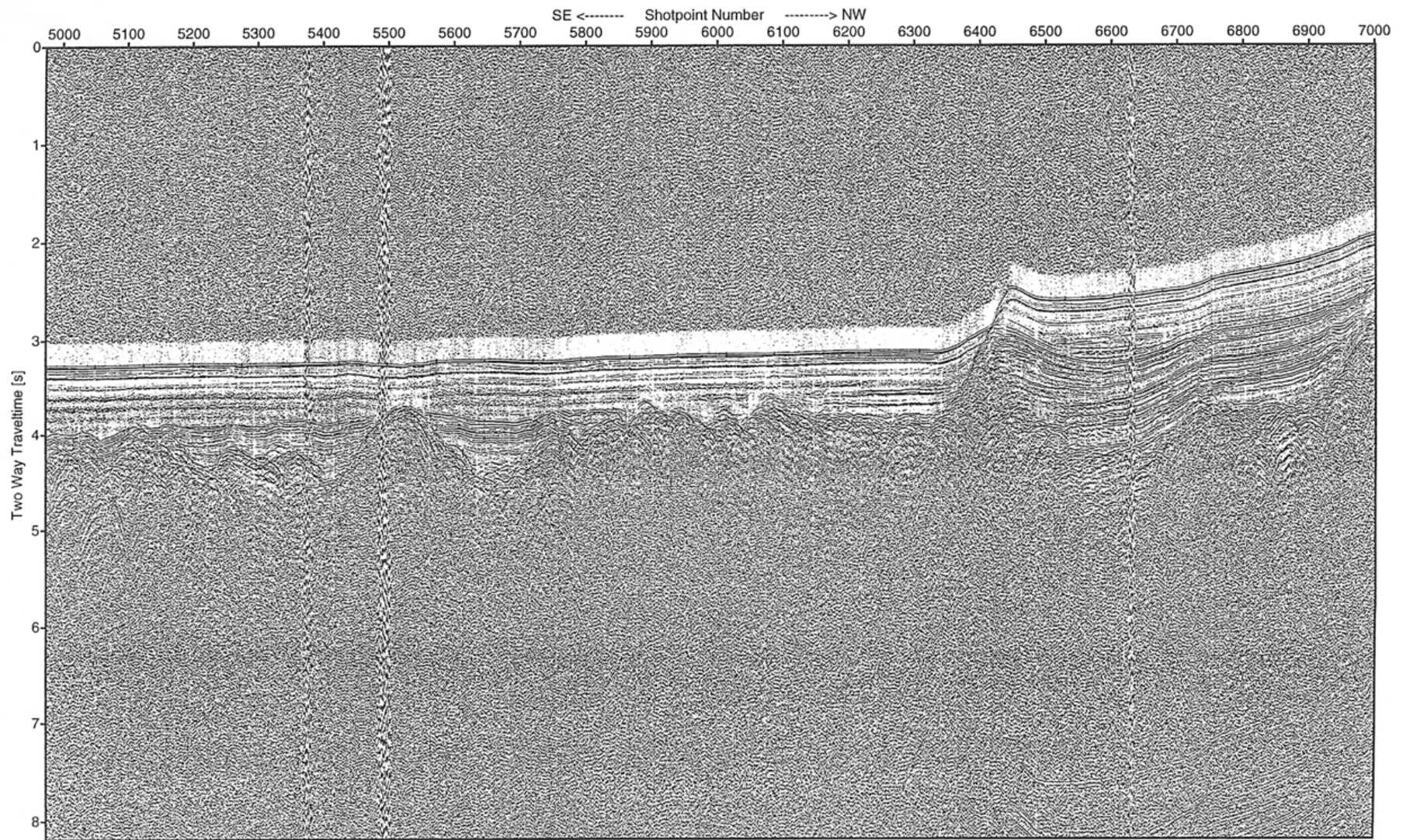


Abbildung 6: Nördlicher Abschnitt der Nahspurektion von Profil 5.

