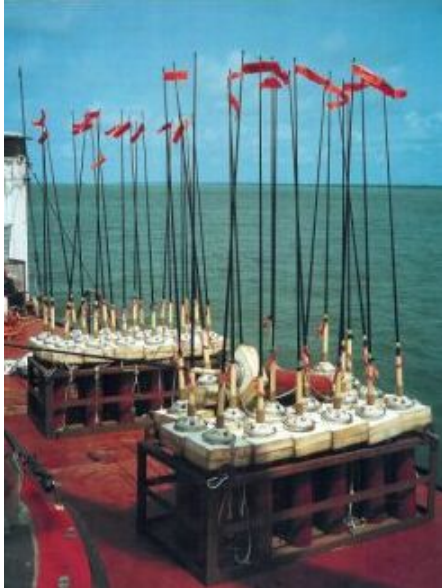


Seismik im Mündungsdelta des Niger

PRAKLA-SEISMOS Report 1990



Der Niger -drittgrößter Fluß Afrikas- ist seit Jahrhunderten Handelsstraße und Fischreservoir. Nigeria, das seinen Namen dem Fluß verdankt, gehört mit zu den ersten Erdölexporteurern Afrikas. Schon 1937 begann die Ölsuche im Süden des Landes, im Sumpf- und Dschungelgebiet des geologisch alten Nigerdeltas. Hier liegen zahlreiche Ölfelder im Hinterland des Raffineriestandorts Port Harcourt und im westlichen Delta, so auch im Gebiet um Warri. Hinzu kommen solche in den Offshoregebieten des Deltas. Trupps der PRAKLA-SEISMOS haben in den vergangenen drei Jahren in all den genannten Gebieten gemessen. Die besondere Herausforderung lag dabei darin, die geländebedingten Probleme - Mangrovensümpfe, unkalkulierbare Strömungen in der Flußmündung, Gezeitenströmungen - bei oft schwierigen Witterungsbedingungen mit einem Maximum an Sicherheit für die an den Operationen beteiligten Menschen zu bewältigen.

Exploration in Nigeria

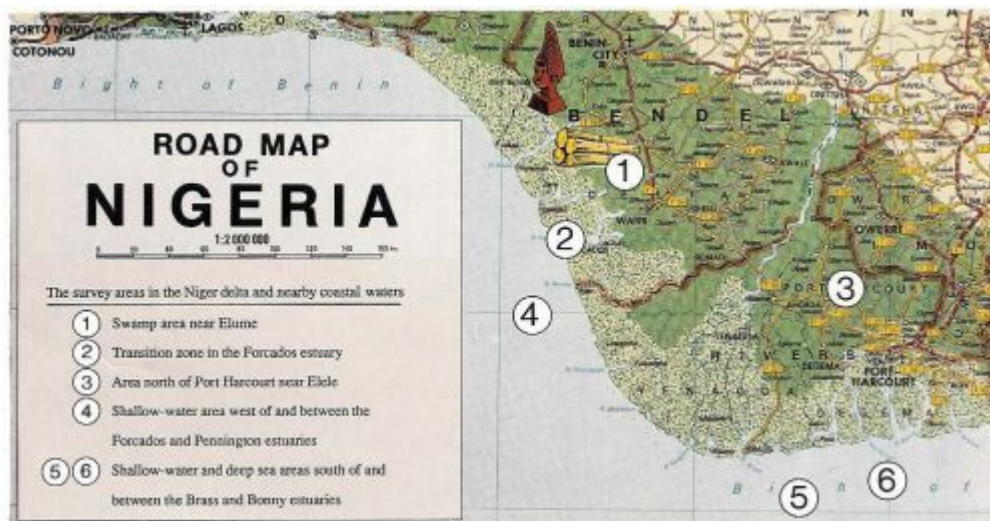
Nigeria ist seit 1960 unabhängig und mit mehr als 80 Millionen Einwohnern einer der volkreichsten Staaten Afrikas. Unabhängigkeit aber bedeutet auch wirtschaftliche Unabhängigkeit. Sie wird wesentlich gestützt durch den Export von Erdöl.



Beim Ölboom in den Jahren 1979-1980 wurden täglich bis zu 2,4 Millionen Barrel exportiert. Zur Zeit liegt dieser Wert bei ca. 1,6 Millionen Barrel gefördert von der Nigerian National Petroleum Corporation NNPC im Joint Venture mit anderen Ölgesellschaften. Zum Vergleich: Saudi-Arabien, der wichtigste Erdölexporteur, förderte 1985 3,17 Millionen, und 1989 5 Millionen Barrel pro Tag. Das Ziel Nigerias ist es, die genannten 2,4 Millionen Barrel-Grenze wieder zu erreichen.

In diesem Zusammenhang sind die seit 1987 wachsenden Explorationstätigkeiten der NNPC zu sehen. PRAKLA-SEISMOS war erstmalig 1966 im Rahmen eines Offshore-Auftrags bei Port Harcourt in Nigeria tätig. Der Bürgerkrieg führte zu einem Abbruch des Auftrags. Im September 1987 wurde die PRAKLA-SEISMOS NIGERIA Ltd gegründet. Die Eigner sind zu 40% nigerianische Geschäftsleute und zu 60% die PRAKLA-SEISMOS AG. Die Explorationstätigkeit wurde im November 1987 wieder aufgenommen.

Unsere Meßgebiete im Niger-Delta und den vorgelagerten Küstengewässern:



- 1 Sumpfgelände bei Elume
- 2 Übergangszone in der Forcados-Mündung
- 3 Landzone nördlich Port Harcourt bei Elele
- 4 Flachwassergebiet im Bereich der Flußmündungen des Forcados und Pennington
- 5 + 6 Flachwasser- und Hochseegebiete im Bereich der Flußmündungen des Brass und Bonny

Messungen im Niger-Delta und an der Delta-Küste

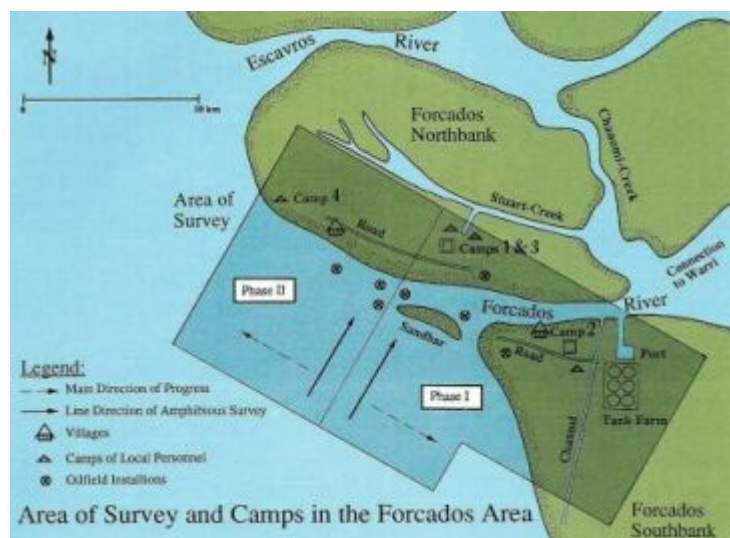
PRAKLA-SEISMOS hat im Rahmen mehrerer Aufträge in Nigeria seit 1987 im Delta und an dessen Küste Messungen ausgeführt, die besonders auch durch sehr unterschiedliches Gelände charakterisiert sind:

- Sumpfgelände bei Elume (Obodo-Jatumi-Messungen),
- Übergangszone in der Forcados-Mündung (Forcados-Messungen),
- Landzone nördlich Port Harcourt bei Elele (Olo-Mini-Nta-Messungen),
- Flachwassergebiet im Bereich der Flußmündungen des Forcados und Pennington und
- Flachwasser- und Hochseegebiete im Bereich der Flußmündungen des Brass und Bonny.

Überwiegend sind es 3D-Messungen. Die Auftraggeber waren SHELL- und ELF-Nigeria oder ein Konsortium beider Gesellschaften. Wir wollen uns im folgenden auf die Forcados-Messungen beschränken, da vor allem sie es waren, die den Routinerahmen sprengten.

Die Forcados-Messungen

Messungen in Übergangszonen sind durch besondere Probleme gekennzeichnet und verlangen daher auch Erfahrungen spezieller Art. PRAKLA-SEISMOS hat jedoch schon zahlreiche Aufträge dieser Art erfolgreich durchgeführt, nachzulesen in den Reportausgaben 1 + 2/83 ("Flachwassermessung vor Tunesien"), 3/84 ("Seismik im Hafen von Rotterdam") und 1 + 2/86 ("3D- seismische Messungen im Gebiet der Emsmündung und Rotterdam"). Das neue Einsatzgebiet brachte neue Herausforderungen. Zwar sind die Entfernungen im Jetztzeitalter geschrumpft, es bleibt indessen das Problem, eine Aufgabe vor der Durchführung in einem fremdartigen Gebiet richtig einzuschätzen. Das zwingt zu umfangreichen und zeitaufwendigen Vorstudien, zumal wenn die Messungen in einem schwierigen Gelände bei ungünstigen Witterungsbedingungen durchgeführt werden müssen.



Die vermessene Fläche überdeckt das Mündungsgebiet des Forcados-Flusses. Es ist gekennzeichnet durch Flachwasserzonen, Mangroven- und Frischwasser Sümpfe und Dschungel. Der Flachwasserbereich schließt im Westen eine der Mündung vorgelagerte, in den Atlantik hineinragende große Sandbarre ein.

Die Wasser im Mündungsbereich gelten unter Fachleuten als die tückischsten in Westafrika, da der Forcados in der Brandungszone den dort arbeitenden Menschen sehr gefährlich werden kann, besonders bei Ebbe oder Flut. Ein großer Teil des Landmeßgebiets besteht aus Mangrovensümpfen. Sie befestigen den Boden und ermöglichen damit ein Arbeiten ohne Unterbrechung auch in der Regenzeit. Ein anderer Teil besteht aus einem Frischwassersumpf. Dieser trocknet in regenarmen Zeiten stark aus, wird aber in der Regenzeit bodenlos. Seismische Arbeiten sind dann nicht mehr möglich, selbst wenn provisorische Brücken (bridging) errichtet werden. Daneben trifft man Dschungel mit trockenem, sandigem Boden an.



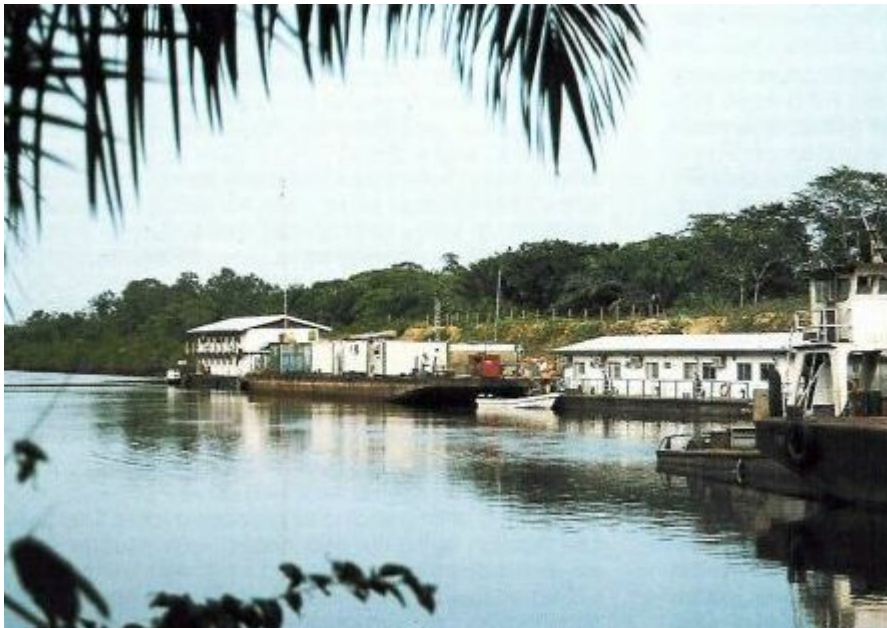
Des dichten Unterwuchses wegen ist der Dschungel aber nicht passierbar. Befahren werden können große Teile der Strände und einige Service Straßen zu den Ölfeldinstallationen. So befindet sich auf dem Südufer des Forcados eine große Tankfarm mit ihren Hilfseinrichtungen. Hier liegt auch die einzige größere Ansiedlung. Am Nordufer sind hingegen nur einige kleinere Fischerdörfer anzutreffen. Die Wetterverhältnisse erlauben seismische Arbeiten nur in den Wintermonaten (November bis März). Diese Zeit ist durch eine regenarme bis trockene

Großwetterlage und den Harmattan -einen staubbeladenen Wind der Sahara- gekennzeichnet, der die Atlantikdünung dämpft und darüber hinaus die unangenehme Eigenschaft hat, die Funkübertragung mitunter erheblich zu stören.

Die Ausrüstung

Eine Messung dieser Art ist mit einem kaum vorstellbaren Aufwand an Menschen und Material verbunden. Die Mannschaftsstärke lag in Spitzenzeiten bei 750 Mann. Neben zahlreichen Landfahrzeugen waren schwimmende Einheiten verschiedener Art im Einsatz:

- Mutterschiff KARIN CAT, Mutterschiff KARIN CAT, das Mutterschiff KARIN CAT,
- das Flachwasserschiff **SV SOLEA**,
- der Schwimmponton INTERMAC 170,
- das Vermessungsboot ZUS,
- die Navigationsboote SCOUT und NAVIGATOR und
- Arbeitsboote des Typs Bolero.



Mit den Telemetriesystemen DIGISEIS¹ 200 und SERCEL² SN 368 wurden die seismischen Daten registriert- Unsere Systeme für Flachwassernavigation HYDRODATA und für die Überdeckungskontrolle 3D-BINNING konnten auch hier wieder erfolgreich eingesetzt werden.

Schwimmponton INTERMAC, ausgerüstet mit allem, was zum Leben und Arbeiten erforderlich ist, u.a. mit Wohncontainer, Werkstätten, einem mobilen Kran und Zentraleinheiten des Radiotelemetriesystems DIGISEIS 200.



Der Nachschub

Jeglicher Nachschub, von der Kopfschmerztablette bis zum Autokran, mußte von Warri aus mit Booten, Barges und Schleppern ins Meßgebiet gebracht werden, da das beschriebene Gebiet isoliert in und an der Forcadosmündung liegt und nur über den Forcados-Warri-Fluß zu erreichen war. Allein um das notwendige Trinkwasser für einige hundert Leute bereitzustellen, stand ein 250 t-Wasserponton zur Verfügung.



Ersatzteile, Verbrauchsmaterialien und alle Arten von Bauteilen mußten herangeschafft werden, um Schiffe, Boote, Fahrzeuge, Meßausrüstung und Camps funktionsfähig und einsatzbereit zu halten. Versorgungsbasis war Warri mit Büro und Lagerhaus an einer Anlegestelle am Warri-Fluß. Hier war das Zentrum für Verwaltung, Personal- und Materialumschlag, für die Verbindung zu Auftraggeber, Behörden, Lieferanten und zum Trupp.

Durch den Bau provisorischer Brücken wurde sumpfiges Gelände passierbar gemacht. Die Kommunikation mit den Trupps erfolgte fast problemlos über UKW-Sprechfunkgeräte. Recht unproblematisch war die Beschaffung erfahrenen Personals. Denn das Nigerdelta ist kein weißer Fleck auf der Landkarte der Seismik. Neu war jedoch die Meßmethode. Spezielle Verfahrensweisen mußten schnellstmöglich erfaßt und angewendet werden.

Die Camps

Die Basis-Camps mußten dreimal im Verlauf der Messungen gewechselt werden, um die Anfahrtsweg ins Meßgebiet kurz zu halten. Die Camps wurden nacheinander in der Reihenfolge belegt, wie es die Nummerierung



in unserer Graphik anzeigt. Die Flachwassereinheit blieb dabei nahezu ortsfest.

Die Basiskamps waren unterteilt in Schwimmpontons an geeigneten Uferplätzen zur Unterbringung von Büros, Werkstätten, Generatoren, Unterküften für das

Stammpersonal, und Zeltstädte auf trockenem, festem Boden an Land als Unterküfte der Hilfskräfte. Aufbau und Organisation dieser Zeltstädte wurden entsprechend modernsten Erkenntnissen und Zielvorstellungen durchgestaltet.

Das Meßverfahren in der Übersicht

Die Messungen wurden in die Phasen I und II (südlicher und nördlicher Teil) gegliedert. Für beide Phasen gilt, daß die Operationen im Strand- und Flachwasser- Bereich mit einem kombinierten Land-/Flachwassertrupp amphibisch begonnen und anschließend auf dem Lande mit einem Landmeßtrupp weitergeführt wurden. Bei der amphibischen Arbeitsweise bedeutete dies: simultanes Registrieren mit DIGISEIS[™] 200 und SERCEL[™] SN 368. Bei Ebbe wanderte die Landauslage weit in Richtung See, bei Flut hingegen konnte die **SOLEA** sehr nah an die Landauslage heranfahren. Anschließend führte die Landeinheit des Trupps die Messung mit der SN 368 konventionell weiter.

Über Telemetriebojen werden die von den Hydrophonen aufgenommenen seismischen Signale zu Registriereinheit des Radio-Telemetriesystems DIGISEIS 200 übertragen. Diese komplexe Methode hatte den Zweck, die Arbeiten mit kleinstem Aufwand und größter Sicherheit auszuführen, und die vorgegebene einheitliche Überdeckung im Land- und Wasserbereich war am kostengünstigsten zu erreichen, wenn im Wasser mit einer großen Zahl von Sendepositionen und einer möglichst geringen Zahl von Empfängerpositionen gearbeitet wurde. An Land war das dann umgekehrt. Denn im Wasser ist das Ausbringen der Hydrophone aufwendiger als das Poppen, an Land das Bohren der Löcher aufwendiger als das Auslegen der Geophone. So wurden im Wasser drei, an Land vier Empfängertraversen verwendet.



Auch vermied man damit den häufigen Bootsverkehr durch die Brandungszone in beiden Richtungen und die damit verbundene Gefährdung von Mensch und Material. Gezeiten- und Flußströmungen konnten in der Brandungszone eine tückische Allianz eingehen.

Das Niederbringen der Schußlöcher war bei unseren nigerianischen Partnern in guten Händen.

Die Messungen im Flachwasser- und Strand-Bereich

Wegen der Gezeiten und Strömungen war der amphibische Teil der Messungen der schwierigere. Die Zentraleinheit des Radiotelemetrie-Systems DIGISEIS 200 war auf dem Schwimmponton INTERMAC 170 untergebracht, die der Telemetrieapparatur SN 368 in einem konventionellen Meßwagen an Land. Für das DIGISEIS-System galt die Konfiguration nur im Rahmen der Phase I. Der Ponton lag während dieses Meßabschnitts vor der Forcados-Mündung außerhalb der schützenden Sandbarre.

Ein Manövrieren war mit erheblichem Aufwand verbunden. Sehr viel Geschicklichkeit war erforderlich, ihn in der zeitweise starken Dünung vor der Flußmündung auf Position zu halten.

*Trademark of TERRA MARINE ENGINEERING

**Trademark of SERCEL

Das DIGISEIS-System wurde daher in der Phase II auf der MS KARIN CAT installiert. Sie lag während der Phase I in der Forcados-Mündung, diente u.a. als Hauptkommunikationszentrum und beherbergte das Seemeßpersonal des kombinierten Trupps. Die Solea war Träger der Luftpulsler Ausrüstung.

Ein Blick auf Teile der Landmeßausrüstung - hier Kabel und Boxen des Telemetriesystems SN 368- veranschaulicht den Materialeinsatz solcher Messungen.



Die Arbeiten in der Auslage vor und während der Messungen verlangten größte Sorgfalt in vielerlei Hinsicht. Zunächst mußten die Empfängerprofile erkundet und die Art der Verankerung der Markierungsbojen bestimmt werden. Die Männer vor Ort hatten sehr viel Einfallsreichtum und manuelle Fertigkeiten darauf verwandt, Alternativen bereitzustellen, die den vielfältigen Einsatzbedingungen gerecht wurden. Die Markierungsbojen - versehen mit den jeweils geeigneten Ankern - wurden dann an den vorherberechneten Stellen vom Vermessungsboot ZUS ausgelegt. Als Referenz dienten Landstationen des Systems TRISPONDER 540. Jeweils morgens wurden die Positionen der Markierungsbojen von den Navigationsbooten SCOUT und NAVIGATOR überprüft und gegebenenfalls korrigiert. Vor der Messung wurden an diesen Positionen die Empfängerbojen ausgelegt und mit Hydrophonen bestückt.



Dafür standen fünf Arbeitsboote des Typs Bolero zur Verfügung. Arbeiten an der Auslage - hier das Ausbringen von Telemetrieboxen - verlangten größte Sorgfalt.

Die Navigationsboote überprüften periodisch diese Positionen und ihre bathymetrischen Werte. Sie wurden in Massenspeichern (Bubble Memories) abgelegt und von dort auf Disketten überspielt für die Erstellung von Karten und für die Überdeckungskontrolle durch das Binning-System. Das Trispondersystem diente auch als Referenz für die Positionen der Schußpunkte auf den Schußtraversen. Die Positionierung erfolgte mit dem von PRAKLA-SEISMOS entwickelten Flachwassernavigationssystem HYDRODATA.

Das Niederbringen der Schußlöcher



Diese Arbeiten waren bei unseren nigerianischen Partnern in guten Händen. Sie erspülten mit 2,5 bis 3 Zoll-Stahlrohren Löcher, die in der Regel 28 m und in Einzelfällen auch 40 m tief waren. Aufzeitlöcher konnten bis zu 80 m Tiefe erreichen. Schußlöcher wurden im Spülbohrverfahren niedergebracht.

Qualitätskontrolle

Alle Daten - Seismik- und Positions-Daten - wurden mit einem derart hohen Einsatz gewonnen, daß ihre Qualität schon in der Phase ihrer Erfassung zu sichern war. Ergänzend mußten daher während der Messung Kennwerte ermittelt werden, die die Qualität der Positions- und Seismik- Daten beschreiben. Dazu gehören z.B. die Standardabweichungen der Positionen von DIGISEIS-Bojen und Schießbooten sowie eine exakte Kontrolle des seismischen Überdeckungsgrades. Auftraggeber und Kontraktor stellten hierfür Personal und geeignete Geräte bereit.

PRAKLA-SEISMOS hatte das aus eigener Entwicklung stammende 3D-Binning-System eingesetzt, um während der Planung den angestrebten, und nach der Ausführung des Programms erreichten Überdeckungsgrad anzuzeigen. Es war in Phase I an Bord der KARIN CAT, in Phase II auf der Forcados-Südbank installiert.

Sicherheitsprogramm

Der in Nigeria erreichte Sicherheitsstandard, was Ausrüstung und Organisation betrifft, ist nahezu vorbildlich. Das Bewußtsein für Fragen der Sicherheit ist durch gezielte Maßnahmen merklich gestiegen. Diese Steigerung des Sicherheitsbewußtseins - keineswegs von Anfang an vorhanden - war das Ergebnis eines ca. zweijährigen kontinuierlichen Engagements.



Für die PRAKLA-SEISMOS war daher die Anerkennung des Auftraggebers eine besondere Genugtuung. SHELL/Lagos spricht die Erfolge auf diesem Gebiet als einen "seismic safety milestone" an.

Erreicht wurde dies durch:

- Einsatz eines nigerianischen Sicherheits- und eines Feuerwehr-Offiziers, die für alle Sicherheitsbereiche als verantwortliche Personen eingesetzt waren,
- Organisation von Sicherheits- Treffen, Notfall-Übungen und Probealarmen,
- regelmäßige Schulung einer Camp-Feuer-Brigade,
- Einrichtung einer Krankenstation mit drei ausgebildeten Krankenpflegern bei 24-stündiger Einsatzbereitschaft,
- Verwendung diverser Sicherheitsausrüstungen wie Helme, Schuhe, Schienbein- und Knieschutz, Schwimmwesten und Ohrenschutz.

In den Ausrüstungsgegenständen der letzten Position liegt ein erheblicher und nicht billiger Sicherheitsbeitrag der PRAKLA-SEISMOS, der in künftige Meßkampagnen dieser Art eingebracht werden wird.

M. Reichling, G. Braun