

# **Schlussbericht**

**Forschungsvorhaben: 03G0219A**

**Forschungsvorhaben: WTZ-CHINA: SO 219-BEIBU-SONNE: Status der marinen Umwelt des Golfes von Tonkin, Südchinesisches Meer und Entwicklung während des Holozäns im Wechselfeld natürlicher und anthropogener Einflüsse**

## **I. Kurze Darstellung zu**

### **1. Aufgabenstellung**

Im Rahmen des WTZ China: SO219-BEIBU SONNE Vorhabens wurde am Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde an der Universität Rostock (IOW) in enger Zusammenarbeit mit dem Guangzhou Marine Geological Survey (GMGS) eine Expedition in den Golf von Beibu in Dezember 2011 durchgeführt. Die Arbeitsaufgaben für die Expedition betrafen Studien zur integrierenden physikalisch-biogeochemischen Charakterisierung der Wassersäule, der Messung geophysikalischer Eigenschaften der Sedimente, geologischen Probenahme sowie Untersuchungen der Grenzschicht Wasser/Sediment. Das Arbeitsprogramm der Expedition komplimentierte die Ergebnisse und Messungen der ersten gemeinsamen deutsch-chinesischen Expedition in den Beibu Golf im September/Oktober 2009 (FENDOU5). Alle Untersuchungen fanden ausschließlich in den chinesischen Nationalgewässern statt.

### **2. Voraussetzungen, unter den das Vorhaben durchgeführt wurde**

Im Vorfeld des Vorhabens wurde in 2008 ein „Memorandum of Understanding“ zwischen dem Guangzhou Marine Geological Survey und dem Leibniz Institut für Ostseeforschung offiziell unterzeichnet, der die wissenschaftliche Zusammenarbeit beider Institutionen umschrieb. Desweiteren wurde im Rahmen des BEIBU Projektes (01.07.2009 - 30.09.2012) eine erste deutsch-chinesische Expedition in den Golf auf dem chinesischen Forschungsschiff FENDOU5 erfolgreich durchgeführt. Die Ergebnisse der Expedition wurden zur Planung der Arbeiten des Vorhabens herangezogen. Die Aufgabenstellungen der Expedition wurden durch interdisziplinäre Zusammenarbeit der beteiligten Wissenschaftler bearbeitet. Am IOW waren 9 Mitarbeiter aus der Grundausrüstung sowie 4 Projektangestellte aus den Sektionen Meeresgeologie, Meereschemie und Physikalische Ozeanographie am Vorhaben SO219-BEIBU-SONNE beteiligt. An der Expedition hat ebenfalls ein Mitarbeiter des GPI Kiel sowie 9 Mitarbeiter des GMGS teilgenommen. Die Bewilligung der Mittel für die Antragsteller sowie eine rechtzeitige Erteilung der Genehmigung für die Durchführung der Expedition durch die zuständigen Ministerien auf der chinesischen Seite trug maßgeblich zum Erfolg der Expedition bei. Weiterhin wurden Daten aus früheren GMGS Projekten aus dieser Untersuchungsregion den beteiligten Wissenschaftlern zur Verfügung gestellt.

### **3. Planung und Ablauf des Vorhabens**

Der Schwerpunkt der praktischen Tätigkeiten waren schiffsgebundene Untersuchungen und Probenahmen an Bord des FS SONNE im Dezember 2011 (SO219) sowie im Anschluss ausgewählte analytische Arbeiten in den IOW Laboren.

Hierzu wurden 1.5 Jahre vor Projektbeginn in enger Zusammenarbeit mit unseren chinesischen Partnern die Anträge für die Genehmigung der Durchführung der Expedition in chinesischen Gewässern des Beibu Golfes bei den zuständigen Stellen eingereicht. Im Anschluss daran wurde mit der detaillierten Planung des Vorhabens begonnen, so dass zum 01.09.2012 (Projektanfang) mit der praktischen Vorbereitungen (z.B. Einkauf der Verbrauchsmittel) der Expedition begonnen werden konnte. Die Container mit wissenschaftlichen Geräten wurden Anfang Oktober nach Manila verschickt, Hotels für alle Teilnehmer in Manila, respektive Hong Kong, reserviert sowie Flüge bestellt. Am 03.11.2011 erreichte uns die Nachricht, dass die State Oceanographic Administration (SOA) die Arbeitsgenehmigung erteilte. Vom 01. bis zum 24. Dezember 2011, fand dann die Expedition SO219 (Manila-Hong Kong) in den Beibu Golf statt. Während der Messkampagne wurden sämtliche geplante Stationen (siehe Abb. 1) unter teilweise schwierigen Wetterbedingungen realisiert. Es wurden hydrographische, geologische, biogeochemische und geophysikalische Messungen auf insgesamt 50 Stationen und Profilmfahrten (PARASOUND Aufzeichnungen) durchgeführt. Im Verlauf der Expedition haben wir Satellitendaten, Oberflächentemperatur (SST) und Chl-a aus der Region für die Feinabstimmung der Messungen in

der Wassersäule herangezogen, die von IOW Kollegen an Bord übermittelt wurden. Die wissenschaftlichen Geräte sowie das gesammelte Probenmaterial (insbesondere Schwerelotkerne und Kurzkerne aus dem Multicorer) wurden nach der Expedition in Containern zurück nach Deutschland verschickt und sind hier Mitte Februar 2012 eingetroffen. Die verbleibende Zeit im Vorhaben wurde mit einer ersten Durchsicht des Probenmaterials, Instandsetzung und Wartung der mitgeführten Geräte und ein paar wenigen Analysen verbracht. Am 31.03.2012 endete das Vorhaben.

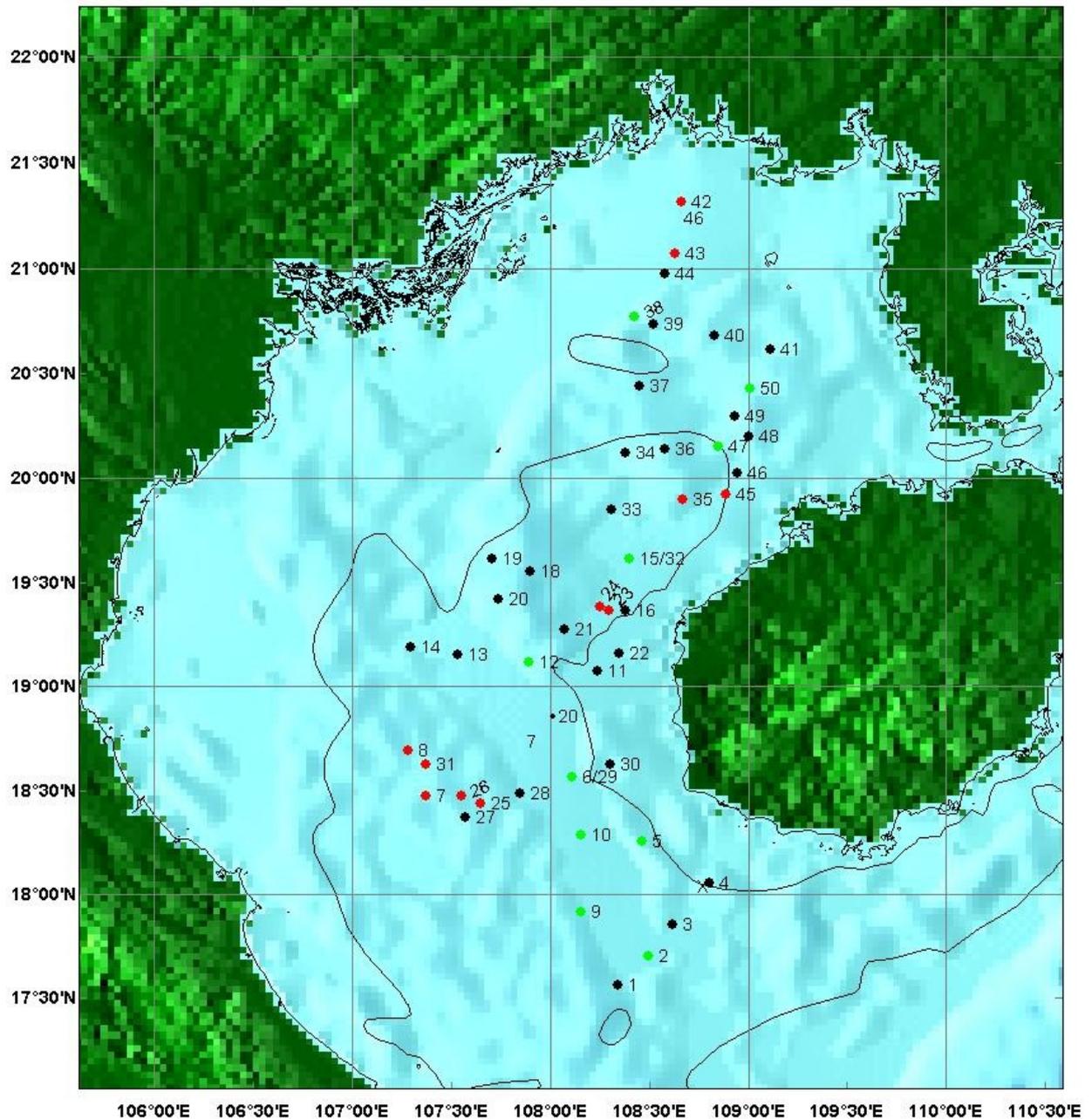


Abb. 1: Stationskarte der SONNE SO219 Expedition im Dezember 2011 (Manila - Hong Kong, 01.12.-24.12.2011): Grüne Punkte – geologische und hydrographische Stationen für GMGS; Rote Punkte – geologische und hydrographische Stationen des IOW's, Schwarze Punkte – Stationen auf den nur hydrographische Arbeiten durchgeführt wurden. Zwischen allen Stationen entlang der Schiffsroute wurden kontinuierliche Messungen mittels PARASOUND, ADCP und Thermosalinograph durchgeführt.

#### 4. Wissenschaftlichem und technischen Stand, an den angeknüpft wurde, insbesondere (Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden unter Angabe der Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste)

##### 4.1. Stand der Forschung und eigene Vorarbeiten

##### 4.1.1. Zirkulation und biogeochemische Merkmale der Wassersäule

Die Zirkulation im Golf von Beibu, der zum Süd Chinesischen Meer zählt, wird durch die Topographie, die Monsunwinde und die littoralen Ströme bestimmt. Die Monsunwinde bedingen einen jahreszeitlichen Richtungswechsel im Strömungssystem insbesondere in den Schelfgebieten (Tomczak & Godfrey, 1994). Zwischen Mai und September schiebt der Südwest-Monsun die Wassermassen auf dem Schelf nordwärts, woraus eine Kompensationsströmung in den tieferen Bereichen entsteht (Abb. 2). Hohe Niederschläge während dieser Jahreszeit führen zu niedrigen Salzgehalten auf dem östlichen Schelf. Von November bis März ändert sich die Richtung der Strömung infolge des Nordost-Monsuns und der Salzgehalt passt sich dementsprechend an. Dies kann entlang der Küste von Vietnam zur Entstehung eines starken Randstroms führen. Weiter im Norden ( $>18^{\circ}\text{N}$ ) zeigen die Beobachtungen in den küstennahen Regionen einen beständigen, polwärtigen Strom (Guan, 1986). Im Beibu Golf selbst entsteht der s.g. Beibu Gulf Littoral Current (BGLC) durch das Zusammenwirken von Monsun und den, durch Frischwasser bedingten, Guangdong Littoral Current (GLC).

Die Golfregion ist auch durch Gezeiten beeinflusst. Es dominiert die eintägige Gezeit, mit einem Tidenhub zwischen 2 m und 6 m. Im Süd-Osten des Golfs ist die Dichte höher als im Westen und Norden, bedingt durch den ganzjährigen Transport von Wasser mit hohem Salzgehalt aus dem Süd-Chinesischen Meer. Trotzdem treten an der westlichen Küste frische Gewässer auf, die hier durch die Frischwasserzufuhr vom Land entstehen. Hierbei ist eine detaillierte Kenntnis der Zirkulation und der Gezeitenströme entscheidend für die Interpretation der beobachteten Verteilungsmuster von z.B. der Primärproduktion, sowie den Transport von Partikel und Schadstoffen.

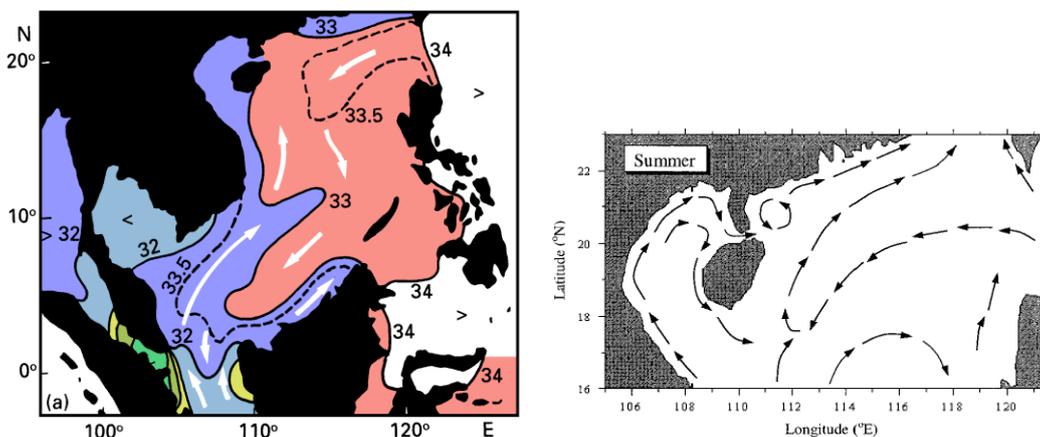


Abb. 2: Oberflächensalzgehalt im Süd Chinesischen Meer: (links) während des SW-Monsuns (August), Pfeile zeigen die abgeleitete Strömungsrichtung (nach Wyrтки 1961). Schematische Darstellung der Zirkulation an der Oberfläche im Sommer (SW Monsun) im Süd-Chinesischen Meer (rechts) gemäß der Theorie der windgetriebenen Strömungen (nach Yu und Liu (1993) aus Shi et al., 2002).

Während des SW Monsuns zeigen die Wassertemperaturen geringe Variationen und liegen zwischen  $29^{\circ}\text{C}$  und  $30^{\circ}\text{C}$ . Ein Süd-Nord Temperaturgradient ( $21\text{-}26^{\circ}\text{C}$ ) ist typisch für diese Region. Die Region zeichnet sich durch die niedrigsten Salzgehalte (um 26), bedingt durch den Einfluss des frischeren Wassers, aus dem Süd-Chinesischen Meer, aus. Hohe Verdunstung, starke Winde und eine geringe Niederschlagsmenge lassen die Salzgehalte zum Ende des SW Monsuns wieder

ansteigen (30 an der Westküste und bis zu 31 im Norden). Im Bereich des gesamten Golfs ist der Salzgehalt bodennah höher als an der Oberfläche, mit höchsten Werten im Südwesten des Golfs.

Die Ergebnisse der regelmäßigen Untersuchungen, durchgeführt durch das Chinese Institute of Oceanography, im Winter und Sommer des Jahres 1998, zeigen, dass die saisonale Phytoplanktonverteilung sehr stark an den Auftrieb entlang der Küste von China und Vietnam gekoppelt ist. Während des SW Monsuns bringen der Auftrieb und Kaltwassereddies Nährstoffe in die euphotische Zone, woraus hohe Chlorophyll a Konzentrationen und eine hohe Primärproduktion (PP) resultieren. So wurden im Vergleich mit anderen Küstenregionen Chinas die Konzentrationen des Chlorophylls als hoch ( $3-9 \text{ mg l}^{-1}$ ) eingestuft (Tang et al. 1998). Im Gegensatz dazu sind die auftriebsfreien Warmwasserbereiche nährstoffarm und zeichnen sich durch niedrige Chlorophyll a und Primärproduktion (PP) Werte aus. Die niedrigen Phytoplanktonbestände und PP des Sommers sind nährstofflimitiert, insbesondere durch die Abwesenheit von  $\text{PO}_4$ . Daraus resultiert eine Sukzession des Phytoplanktons von Diatomeen zu Dinoflagellaten und Cyanophyceen. Das tiefe, stark ausgebildete Chlorophyll a Maximum wird durch das Picoplankton dominiert.

Die bodennahen  $\text{NO}_3$  Konzentrationen im SW Monsun liegen zwischen  $3.0 \text{ } \mu\text{molL}^{-1}$  im Norden und  $5.0 \text{ } \mu\text{molL}^{-1}$  im südlichen Beibu Golf,  $\text{PO}_4$  liegt zwischen  $0.1 \text{ } \mu\text{molL}^{-1}$  und  $0.3 \text{ } \mu\text{molL}^{-1}$ .  $\text{SiO}_3$  variiert zwischen  $4.0 \text{ } \mu\text{molL}^{-1}$  im Süden und  $6.0 \text{ } \mu\text{molL}^{-1}$  im Norden des Golfs. Die Sauerstoffkonzentrationen (DO) liegen im Bereich  $350-400 \text{ } \mu\text{molL}^{-1}$  und nehmen graduell nach Süden zu. Chlorophyll a erreicht  $0.3-0.5 \text{ mg m}^{-3}$  während des SW Monsunes. Phytoplankton ist mit  $0.5-10 \times 10^3 \text{ cell L}^{-1}$  im Sommer vertreten. Unter 119 Spezies waren 63.0% Diatomeen, gefolgt durch Dinoflagellaten (24.1%), Cyanophyceen (9.3%), Chlorophyta (1.8%), und Chrysophyta (1.8%). Diatomeen tragen 75.9% im Sommer zu dem Bestand bei. Generell, nimmt die Chlorophyll a Konzentration mit zunehmender Tiefe im Beibu Golf ab.

#### **4.1.2 Austausch Sediment-Wasser: Element- und Schadstoff-Flüsse sowie Transformationsprozesse**

Auf der Suche nach Rohstoffen und der ökologischen Charakterisierung der sedimentären Ablagerungen wurden von chinesischen Kollegen eine Reihe von Messungen im Süd Chinesischen Meer sowie im Beibu Golf durchgeführt. Die Sedimente des Beibu Golfs kommen zum Teil aus dem Pearl River Ästuar, werden aber auch durch die Sedimentfracht des Roten Flusses sowie weiterer Flußwasser-Einträge bestimmt (Gu Shenchang et al., 1989; Zhao Yiyang & Yan Mingcai, 1994). Eine große Bedeutung haben die partiell ausgebildeten Mangroven-Gebiete (Guangxi) speziell für den Nährstofftransfer in den Küstenregionen (Li Chugan, 2004).

Das Strömungssystem ist beim Transport der Sedimente und ihrer geochemischen Charakteristik und späteren benthischen biogeochemischen Transformationsleistung von besonderer Bedeutung. Zur Rekonstruktion von Änderungen im Süd Chinesischen Meer während der vergangenen 150 Jahre eignen sich (Isotopen) geochemische Proxies, wie z.B. Rückert (2006), Shi et al. (2008) und Böttcher et al. (2010) an Sedimentkernen des Pearlfluss-Ästuars gezeigt haben. Die Konzentration von umweltrelevanten Elementen und organischen Schadstoffen und die stabilen Isotopensignale in oberflächennahen Sedimenten des Pearlfluss-Ästuars liefern klare Informationen zu den anthropogenen Einträgen in die östlich des Beibu Golfs gelegene Küstenzone.

Kombinierte Untersuchungen zum Gehalt und der Fraktionierung der stabilen Isotope von Schwefel in den Pearl River Ästuar-Sedimenten haben deutliche Änderungen während der letzten 100 Jahre gezeigt (Böttcher et al., 2010), die mit der Änderung der metabolischen Aktivität im Rahmen des veränderten Eintrages und Qualität des organischen Materials zusammenhängen.

Für die Rückflüsse von Nährstoffen und anderen Metaboliten aus den Oberflächensedimenten in das Bodenwasser sind die sich ausbildenden chemischen Gradienten im Porenwasser besonders sensitiv und lassen eine modellierende standort-spezifische Quantifizierung der Stoffflüsse zu (Al-Raei et al., 2009). Hierbei treten deutliche standort-spezifische Unterschiede auf, die bei einer Quantifizierung der biogeochemischen benthisch-pelagischen Kopplung durch die Auswahl verschiedener repräsentativer Untersuchungsstandorte zu berücksichtigen sind. Darüber hinaus ist