

# **Schlussbericht**

**Forschungsvorhaben: 03F0607A sowie 03F0607B**

**Forschungsvorhaben: WTZ-CHINA BEIBU:**

- A) Status der marinen Umwelt des Beibu Golfs, Südchinesisches Meer, und Entwicklung während des Holozäns im Wechselfeld natürlicher und anthropogener Einflüsse (*Holocene environmental evolution and anthropogenic impact of Beibu Gulf, South China Sea*)**
  
- B) Die Bedeutung von Mangroven für die biogeochemischen Stofftransporte in die Küstenökosysteme des Beibu Golfs unter dem Einfluss anthropogener Veränderungen**

## **I. Kurze Darstellung zu**

### **1. Aufgabenstellung**

Im Rahmen des WTZ China: BEIBU Vorhabens wurde am Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde an der Universität Rostock (IOW) in enger Zusammenarbeit mit dem Guangzhou Marine Geological Survey (GMGS) unter Beteiligung von ZMZ und GMRC im Zeitraum vom 01.07.2009 bis 30.06.2012 ein bilaterales Projekt durchgeführt.

Das generelles Ziel des BEIBU Projektes ist eine Bilanzierung von meso- bis langskaligen Energie- und Stoffflüssen des Beibu Golfs als Antwortfunktion auf natürliche und anthropogene Antriebe. Der Beibu Golf spielt eine wichtige Rolle für das Verständnis der Änderungen der Ablagerungsbedingungen subrezenten Sedimente und die Bilanz aus küstennahem Stoff-Eintrag, oberflächennahem Abbau von organischem Material und dadurch induzierter Element-Flüsse in den Küstenzonen des Südchinesischen Meeres. In seiner holozänen Sedimentationsgeschichte bildet er das Wechselspiel von Südlicher Oszillation, klimainduzierter ozeanographischer Dynamik, Sedimenteintrag sowie tektonischer Prozesse ab. Hinzu kommt eine anthropogene Komponente, die sich aus der Landnutzung in den fluvialen Drainagebecken und den Küstenzonen ableitet. Im Verlauf des Projektes und insbesondere der beiden Expeditionen wurden detaillierte Untersuchungen zur Hydrographie, marinen Geologie, Umweltchemie, Biogeochemie und Fernerkundung durchgeführt mit dem übergeordneten Ziel, eine biogeochemische Charakterisierung der Region für den Zeitraum des Süd-West Monsuns zu erstellen. Durch Untersuchungen in der Wassersäule sowie der Sedimente sollen Beiträge zum Verständnis der Quellen, Senken und Transformationen von organischem Material, organischer Umweltschadstoffe und ausgewählter Spurenelemente erzielt werden. Weiterhin ist vorgesehen, mit Hilfe von sediment-physikalischen und geochemischen Indikatoren Beiträge zum Verständnis des holozänen Wandels von Klimaparametern, ozeanographischer Zirkulation und anthropogenen Einflüssen zu liefern. Weitere Ziele sind Untersuchungen der Einträge von gelösten und partikulären organischen Substanzen und Nährstoffen in der Küstenregion der Guangxi-Provinz sowie zur Funktion der Mangroven bei den Stoffumsätzen und Stofftransporten. Die Arbeitsaufgaben für die gemeinsamen Expeditionen betrafen Studien zur integrierenden physikalisch-biogeochemischen Charakterisierung der Wassersäule, der Messung geophysikalischer Eigenschaften der Sedimente, geologischen Probenahme sowie Untersuchungen der Grenzschicht Wasser/Sediment. Alle Untersuchungen fanden ausschließlich in den chinesischen Nationalgewässern statt.

Das übergeordnete Ziel des Teilprojektes am ZMT im Vorhaben war es zu untersuchen, welche Rolle Mangroven, Flüsse und Aquakulturanlagen für den Eintrag von Nährstoffen sowie gelöstem und partikulärem Material in die Küstengewässer des Arbeitsgebietes im nördlichen Golf von Beibu spielen. Dabei sollte der Einfluss anthropogener Eingriffe auf die Stoffflüsse identifiziert und die Auswirkungen auf die Biogeochemie der Küstengewässer abgeschätzt werden.

Anhand biogeochemischer und isotopengeochemischer Untersuchungen an gelöstem und partikulärem Material aus dem Nan Liu-Fluss, seinem Ästuar sowie den angrenzenden Küstengewässern sollten die anthropogenen Belastungen charakterisiert sowie Quellen und Umsetzungsprozesse gelöster und partikulärer Kohlenstoff- und Stickstofffraktionen entlang des Land-Meer-Kontinuums untersucht werden. Die Ergebnisse sollten in Zusammenarbeit mit den anderen Teilprojekten dazu beitragen, Veränderungen der Stoffflüsse in den Golf von Beibu durch anthropogene Aktivitäten zu erkennen.

Die Arbeiten des Teilprojekts wurden gemeinsam mit dem Teilprojektpartner Guangxi Mangrove Research Center/Guangxi Marine Environment & Coastal Wetland Research Center (GMRC) in Beihai, Provinz Guangxi, durchgeführt. Eine enge Zusammenarbeit mit dem IOW fand bezüglich der

der organischen Schadstoffe (AG Schulz-Bull, TP2 IOW) sowie auf dem Gebiet der Nährstoff- und Metallanalytik der Mangrovensedimente (AG Böttcher, TP2 IOW) statt.

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

Im Vorfeld des Vorhabens wurde 2008 ein „Memorandum of Understanding“ zwischen dem China Geological Survey und dem Leibniz Institut für Ostseeforschung offiziell unterzeichnet, das die wissenschaftliche Zusammenarbeit beider Institutionen umschrieb. Das MOU erlaubte beiden Partnern die Einbindung anderer Institutionen, so dass in Deutschland das ZMT und an der chinesischen Seite das GMRC im Verbund aufgenommen wurden.

Unmittelbar vor der ersten geplanten Expedition in 2009 (FS FENDOU5, VR China) wurde ein detailliertes Protokoll bezüglich der spezifischen Anforderungen der Expeditionen zwischen IOW und Guangzhou Marine Geological Survey (GMGS) unterschrieben. An der Expedition nahmen 8 Mitarbeiter des IOWs teil. Im Vorfeld der SO219 Expedition wurde von unseren chinesischen Partnern ein Genehmigungsverfahren bei State Oceanographic Administration eingeleitet. 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.

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**

Im Folgenden werden die Projektaktivitäten der IOW Teilprojekte und wissenschaftlich-technischen Ergebnisse über den gesamten Zeitraum des Vorhabens beschrieben:

- 01.07.2009 Beginn des Verbundvorhabens sowie die Einstellung von Frau Dipl. Biol. A. Bauer als wissenschaftliche Angestellte im TP1 (Doktorandin)
- Juli 2009 – 31.12.2010 Einstellung von Frau I. Stottmeister als wissenschaftliche Angestellte im TP1 (Remote sensing)
- Dezember 2009 - 31.03.2010 Einstellung von Frau Dr. K. Bosselmann als wissenschaftliche Angestellte im TP2 (mittelneutral, da die Doktorandenstelle im TP3 erst 2010 besetzt werden konnte)
- Juli-August 2009: Wissenschaftliche und logistische Vorbereitung der FENDOU5 Expedition
- September-Oktober 2009: Die erste gemeinsame deutsch-chinesische Expedition (01.07.2009 - 30.09.2012) in den Golf auf dem chinesischen Forschungsschiff FENDOU5 wurde erfolgreich durchgeführt. Die Expedition FENDOU5 wurde gemeinsam mit dem Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou VR China unter der Leitung von Prof. XIA (GMGS) und PD. Dr. Waniek (IOW) durchgeführt. Teilnehmer (IOW): Bauer, A., Harrf, J., Frahm, A., Nickel, G., Stark, A., Tomczak, M., Waniek, J. Die Ergebnisse der Expedition wurden zur Planung der Arbeiten insbesondere der 2. Expedition (SO219) des Vorhabens herangezogen und im Rahmen einer interdisziplinären Promotionsarbeit ausgewertet.
- Oktober 2009: Vorbereitung des einjährigen Besuches des Gastwissenschaftlers vom GMGS am IOW; 2010 Prof. Dr. XIA Zhen

- Oktober-November 2009: Messung der Nährstoff-, Chlorophyll a, SPM sowie Gelbstoffproben der FENDOU5 Expedition mit anschließender Auswertung
- November 2009: Kühlcontainer mit Sedimentproben zurück in Rostock, Durchsicht des Probenmaterials, Planung der Analysen
- Dezember 2009: Arbeitsbesuch von Prof. Schulz-Bull und PD. Dr. Waniek beim GMGS zur Aufbereitung der FENDOU5 Expedition sowie Planung der SONNE Expedition 2011.
- Ankunft (02.03.2010) Prof. Xia Zhen am IOW für sein einjähriges Aufenthalt als Gastwissenschaftler im BEIBU Projekt. Während seines Aufenthaltes am IOW hat Prof. Xia geologische Proben der FENDOU5 Expeditionen bezüglich deren Zusammensetzung und Korngröße analysiert, und eine Veröffentlichung vorbereitet.
- Teilnahme des Projektes an der Deutch-Chinesischen Woche an der Universität Rostock, Rostock 26.-30.04.2010
- Besuch von Prof. Zhen Zhichang (GMGS) am IOW, 19.-22.06.2010
- Besuch der chinesischen Delegation am IOW 24.-25.08.2010: Mr. LI Guangyong, Deputy Director-General, CGS; Dr. ZHUANG Yuxun, Director, Dept. of Basic Geology ( Marine Geology ), CGS; Mr. FAN Chunfu, Director, Auditing Office, CGS; Ms. BAI Qin, Deputy Division chief, Foreign Affairs, CGS; Dr. WEN Ning, Deputy Director, Guangzhou Marine Geological Survey, CGS; Mr. GUO Kunyi, Deputy Director, Nanjing Center for Geology, CGS
- Teilnahme von 6 IOW Wissenschaftlern am 1. Sino-German BEIBU Project Meeting, Guangzhou, PR China, 20.-21.10.2010
- Abreise (28.02.2011) Prof. Xia Zhen vom IOW nach seinem einjährigen Aufenthalt als Gastwissenschaftler im BEIBU Projekt
- Ankunft Mr. Liang Kai (18.03.2011) am IOW für seinen 11 Monate langen Besuch als Gastwissenschaftler im BEIBU Projekt. Mr. Liang Kai arbeitete am IOW mit Foraminiferen und hat die oberen Schichten der Sedimente bezüglich deren Abundanz und Artenzusammensetzung analysiert.
- 2. Sino-German BEIBU Meeting in Warnemünde (06-07.09.2011)
- Sommer 2011: Logistische Vorbereitung der SONNE 219 Expedition
- Ankunft Dr. Cui Zhenang (19.10.2011) am IOW für seinen 8 Monate langen Besuch als Gastwissenschaftler im BEIBU Projekt sowie Dr. Huayang Gan für 3 Monate Aufenthalt am IOW. Dr. Cui arbeitete mit ausgewählten Schwerelotkernen und analysierte diese bezüglich der anthropogenen Einflüsse und reichte eine entsprechende Publikation ein. Dr. Gan arbeitete an der Fertigstellung einer Veröffentlichung bezüglich anthropogener Einflüsse in küstennahen Bereichen.
- Am 03.11.2011 wurde die Arbeitsgenehmigung durch die State Oceanographic Administration (SOA) erteilt
- Gemeinsame deutsch-chinesische SONNE SO219 Expedition (01.12.2011-24.12.2011), Manila-Hong Kong, Beibu Golf, Süd Chinesisches Meer. 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 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
- 3. BEIBU Meeting in Guangzhou, VR China (22.05-24.05.2012)
- 30.06.2012 Ende des Verbundvorhabens.

Die Auswertung der Ergebnisse sowie Analyse der Proben erfolgte unmittelbar nach der jeweiligen Expedition und wurde im IOW sowie GMGS kontinuierlich betrieben. Die Aufarbeitung der wissenschaftlichen Ergebnisse im Zuge der Vorbereitung der abgehaltenen Workshops sowie der Publikationen fand über den gesamten Zeitraum des BEIBU Projektes statt.

Im Folgenden werden die Projektaktivitäten des ZMT Teilprojektes und die wissenschaftlich-technischen Ergebnisse über den gesamten Zeitraum dargestellt:

Logistische Probleme zu Beginn des ZMZ Teilprojektes konnten erst während eines Besuchs der Institutsleitung des GMRC in Person von Prof. Hangqin Fan und Haolang Zhou im November 2009 geklärt werden. Erste Feldarbeiten fanden im März 2010 statt. Dies führte zu einer ca. halbjährigen Verschiebung der Projektaktivitäten. Aufgrund regionaler Einschränkungen der Arbeitsgenehmigungen konnte der ursprüngliche Plan, ein belastetes und ein weniger belastetes Mangrovegebiet miteinander zu vergleichen, nicht in vollem Umfang umgesetzt werden. Einige Vergleichsdaten aus zwei weniger belasteten Gebieten (dem Shankou Mangrove Reserve und der Mangrove in der Pearl Bay) konnten mit Hilfe der Projektpartner vom GMRC gewonnen werden.

Die zu Beginn eingesparten Personalmittel konnten dazu genutzt werden, das Teilprojekt kostenneutral um 4 Monate bis zum 31.10.2012 zu verlängern und den im Projekt tätigen Doktoranden (D. Kaiser) weiter zu beschäftigen. Dies ermöglichte die Datenauswertung nach Abschluss der Feldphase weiter voran zu treiben und an der Veröffentlichung der Ergebnisse zu arbeiten. Formell wurde das Teilprojekt am ZMT nach dem Ausscheiden von Frau Dr. Unger ab dem 1.7.2012 von Herrn Dr. Jennerjahn übernommen.

Die Teilprojektaktivitäten insbesondere die Feldphasen können wie folgt zusammengefasst werden: Insgesamt fanden im Projektzeitraum 4 Expeditionen in das Arbeitsgebiet statt. Die Beprobungen konzentrierten sich entgegen der ursprünglichen Planungen auf den Nan Liu Fluss, das Ästuar mit den dort vorhandenen Mangroven und die sich anschließende Lianzhou Bucht. Da die Feldphase dieses Teilprojektes mit einer Verspätung von ca. einem halben Jahr begonnen hat, und während der 1. Expedition im Februar/März 2010 aufgrund logistischer Schwierigkeiten nur ein stark eingeschränktes Beprobungsprogramm durchgeführt werden konnte, wurden entgegen der ursprünglichen Planung zwei der vorgesehenen drei umfassenden Expeditionen im Jahr 2011 durchgeführt. Diese verliefen aufgrund der im Jahr 2010 gesammelten Erfahrungen sehr erfolgreich.

- **Februar-März 2010 (Trockenzeit)** Die erste Expeditionsreise wurde im Zeitraum vom 26. Februar - 26. März 2010 durchgeführt. Zu Beginn der Reise wurden die im November gemeinsam mit der GMRC Leitung festgelegten Arbeitsgebiete Nan Liu Fluss+Lianzhou Bucht sowie Pearl Bay besichtigt und gemeinsam mit den KollegInnen vom GMRC ein Beprobungsplan erstellt. Aufgrund der fehlenden Ausrüstung konnte jedoch nur ein stark eingeschränktes Beprobungsprogramm durchgeführt werden. Während der Expedition wurden drei Flussarme des Nan Liu Fluss-Systems per Boot und von Land aus untersucht (Abb. 48) und für die Analyse von suspendiertem Material, Nährstoffen und DOC beprobt. Daneben wurden in den Mangrovegebieten Blätter, Sedimente und Nährstoffe aus den Mangrovenkanälen gewonnen. Eine begrenzte Anzahl an Wasserproben aus Aquakulturanlagen wurde genommen, um die Menge der gelösten und partikulären Nährstoffe dieser potentiellen Nährstoffquellen zu bestimmen. Die Beprobung des zweiten Arbeitsgebietes Pearl Bay, das als vergleichsweise unbelastetes Referenzgebiet dienen sollte, musste leider aufgrund der Rücknahme der Arbeitserlaubnis eingestellt werden. Einige wenige Proben von Mangroven, Nährstoffen und suspendiertem Material konnten dort gesammelt werden. Expeditionsteilnehmer: Dr. Daniela Unger, David Kaiser, Paoliana Agostin (studentische Hilfskraft)

- **August-Oktober 2010 (Regenzeit)** Die erste umfangreiche Expedition wurde in der Regenzeit im Sommer 2010 vom 23. August bis 26. Oktober durchgeführt. Während dieser Expedition wurden erneut die drei Flussarme des Nan Liu Flusssystemes untersucht (Abb. 48). Es wurden zu Beginn der Reise Bootsfahrten unternommen, auf denen Proben für die Analyse gelöster und partikulärer Substanzen vom Oberflächenwasser und von bodennahem Wasser genommen wurden. Zum Abschluss der Expedition wurden an Schlüsselstellen erneut Oberflächenwasserproben genommen, darunter auch Proben für die Bestimmung des Isotopenverhältnisses des gelösten inorganischen Stickstoffs. Um das Ausmaß und die Auswirkungen des Stofftransports in das Küstengebiet zu untersuchen, wurden Bootsfahrten in die angrenzende Lianzhou Bucht zu Beginn und Ende der Expedition unternommen. Auch dabei wurden Proben für die Untersuchung der gelösten und der partikulären Substanz von Oberflächen- und bodennahem Wasser gewonnen. Wasserproben aus Aquakulturanlagen wurden genommen, um die Menge der gelösten und partikulären Nährstoffe in diesen Teichen zu bestimmen. Da die Abwässer der Zuchtteiche in den Fluss abgelassen werden, sind diese Informationen eine Voraussetzung, um den potentiellen Einfluss der Garnelen- und Fischfarmen auf die Stoffzusammensetzung des Flusssystemes einschätzen zu können. Zusätzlich wurden mithilfe einer Übersetzerin Interviews mit Farmern geführt, die zum Ziel hatten, die Bewirtschaftungszyklen der Farmen zu verstehen und zu erfahren, in welchem Rhythmus das Wasser abgelassen und ausgetauscht wird. Neben der Beprobung der Gewässer wurden zu verschiedenen Gelegenheiten Proben von Mangrovenblättern und –sedimenten gewonnen. Ausführlich wurden Sedimente in Form von Kernen beprobt. Sedimentkerne wurden mittels 70 cm langer Plexiglasröhren ausgestochen. Ihnen wurde zunächst das Porenwasser entnommen und sie wurden im Anschluss in 1-2 cm Horizonte für die spätere Analyse der Zusammensetzung zerlegt. In einem Experiment an intakten Sedimentkernen aus einem Mangrovegebiet wurden die Sauerstoffentwicklung sowie die Konzentrationsveränderungen der gelösten Nährstoffe (an transparenten und abgedunkelten Kernen) untersucht. Ein weiteres Experiment sollte die Nährstoffaufnahme von jungen Mangrovenpflanzen zeigen. Dazu wurden Mangrovenbäume über 24 Stunden in verschiedenen Kombinationen mit Umgebungswasser, Aquakulturwasser und Sediment inkubiert. Um den Einfluss von im Wasser oder Sediment lebenden Produzenten zu eliminieren, wurde das Experiment in einem Gewächshaus mit abgedunkeltem Wasser/Sediment durchgeführt. Der Einfluss der Makrotide im Arbeitsgebiet wurde während mehrerer stationärer Beprobungen über 24 Stunden ermittelt. Dazu wurde je eine Station im Flusssystem und in der Bucht ausgewählt. Neben der zweistündlichen Wasserbeprobung wurden Parameter wie Wassertiefe, Temperatur, Salzgehalt, pH und Fließgeschwindigkeit erhoben. Vor Ort wurden die Gehalte an chlorophyll a gemessen. Gemeinsam mit Frau Christina Staschok wurde an der Etablierung der Nährstoffmessmethode am GMRC gearbeitet. Expeditionsteilnehmer: Dr. Daniela Unger, David Kaiser, Christina Staschok (Chemielaborantin), Ting Sun (studentische Hilfskraft, Masterstudentin)
- **März-April 2011 (Trockenzeit)** Diese Expeditionsreise wurde im Zeitraum 28.2.2011 – 1.5.2011 durchgeführt. Expeditionsteilnehmer waren David Kaiser, Sun Ting (studentische Hilfskraft), Daniela Unger.
- **September-Oktober 2011 (Regenzeit)** Diese abschließende Expedition wurde im Zeitraum 12.9.2011 – 8.10.2011 durchgeführt. Expeditionsteilnehmer: David Kaiser, Christina Staschok (Chemielaborantin), Julia Lange (studentische Hilfskraft). Während beider Expeditionen im Jahr 2011 wurde ein vergleichbares Beprobungsprogramm durchgeführt. Die Arbeiten umfassten die Beprobung der drei Flussarme des Nan Liu-Unterlaufs (Abb. 45) für die Analyse gelöster und partikulärer Substanzen im Oberflächen- und Tiefenwasser; Bootsfahrten in die angrenzende Lianzhou Bucht (Abb. 45) zu Beginn (nur Frühjahr 2011) und Ende der Expedition für die

Untersuchung der gelösten und der partikulären Substanz im Oberflächen- und bodennahem Wasser; Beprobung der Aquakulturanlagen, um die Menge und Zusammensetzung der gelösten und partikulären Nährstoffe in diesen Teichen zu bestimmen; Beprobung von Sedimentkernen in den Mangrovegebieten. Nach der Beprobung mittels 70 cm langer Plexiglasröhren wurde zunächst das Porenwasser entnommen, um anschließend die Sedimente in 1-2 cm Horizonte für spätere biogeochemische Analysen zu gewinnen; experimentelle Untersuchung von Sauerstoffentwicklung sowie der Konzentrationsveränderungen der gelösten Nährstoffe anhand intakter Sedimentkernen aus den Mangroven; Ermittlung des Einflusses der Makrotide im Arbeitsgebiet auf den Stoffaustausch über die Land-See-Grenze hinweg während mehrerer stationärer Beprobungen an einer Fluss- und einer Buchtstation über 24 Stunden. Dies erfolgte während Spring- und Nipptiden. Im Sommer 2011 konnte zusätzlich zu den Tidenstationen im Nan Liu-Ästuar durch das Engagement der Projektpartner vom GMRC eine 24 Stunden-Beprobung im wenig belasteten Shankou Mangrove Reserve durchgeführt werden, wodurch wichtige Vergleichsdaten gewonnen wurden.

Im Rahmen des Teilprojektes ZMT fand ein reger akademischer Austausch (Capacity Building) statt, welcher nachfolgend kurz erläutert wird:

- **23.-28. November 2009:** Besuch des ZMT durch Direktor Prof. H. Fan und Vizedirektor H. Zhou des Partnerinstituts GMRC. Der Besuch der beiden chinesischen Kollegen wurde dazu genutzt, sich auf gemeinsame Arbeitsgebiete für das Teilprojekt und eine längerfristige Planung der Kooperation festzulegen.
- **31. Mai – 18. Juni 2010:** Mit Herrn Bing YANG, Herrn Peijian DAI und Frau Tinghe LAI haben drei MitarbeiterInnen des GMRC das ZMT zu Trainingszwecken besucht. Bei den ausgewählten Personen handelt es sich um den Leiter und die stellvertretende Leiterin des Labors am GMRC und einen wissenschaftlichen Mitarbeiter. Die fachliche Ausrichtung der KollegInnen liegt bei B. Yang auf mariner Biotechnologie (Larvenproduktion, Marine Mikrobiologie, Biomarker, Verschmutzungs-Assessment), bei P. Dai auf Meereschemie (Analytik, technische Ausstattung) und bei T. Lai auf Umweltchemie (Analytik, Phytoplanktonanalyse, Experimente zu Verschmutzung und ihrer Auswirkung auf Organismen, Umweltmonitoring). Die drei KollegInnen haben uns schon im Rahmen der Expedition im Februar/März und August/September 2010 unterstützt und sind eng in das Projekt eingebunden. Während ihres Besuches konnten sie sich mit verschiedenen Laborarbeiten und Analyseverfahren sowie den Aquakulturanlagen am ZMT vertraut machen. Ein mehrtätiger Besuch vom 8.-10.6.2010 am IOW Warnemünde in Begleitung von Dr. Daniela Unger und David Kaiser wurde darüber hinaus dazu genutzt, die Partner am IOW und die dort vorhandenen Kapazitäten und analytischen Methoden kennenzulernen. Während des Aufenthaltes wurde außerdem die gemeinsame Planung der Expedition im August/September 2010 durchgeführt.
- **23. Mai -24. Juni 2011:** Mit Herrn Dr. Binyuan HE und Herrn Guanglong QIU (Doktorand am GMRC) haben zwei Wissenschaftler des GMRC im Zeitraum 23.5 -24.6. bzw. (aufgrund von Problemen mit der Visumsausstellung in Guangzhou) vom 25.5.-23.6.2011 das ZMT besucht. Der Aufenthalt der beiden Kollegen diente einerseits der Messung von stabilen Kohlenstoff- und Stickstoffisotopen an Organismen, Pflanzenmaterial und Sedimenten aus Mangroven und Seegraswiesen aus der Region Beihai sowie dem wissenschaftlichen Austausch über die gewonnenen Daten. Ziel der Untersuchung war es, Stoffflüsse zwischen den Habitaten näher zu charakterisieren. Vorläufige Ergebnisse der Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektworkshops vom 6.-8. September 2011 in Warnemünde von Herrn Haolang ZHOU und während des BEIBU Abschluss-Workshops in Guangzhou vom 22.-23.5.2012 von Guanglong QIU

vorgestellt. Ein Teil der Ergebnisse wird in dem in Vorbereitung befindlichen Manuskript 5 (Qiu et al.) dargestellt werden.

- **6.-8. September 2011:** Vorläufige Ergebnisse der im Rahmen des Gastwissenschaftler-Aufenthaltes im Juni 2011 durchgeführten Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektworkshops in Warnemünde im Rahmen eines Vortrags von Herrn Haolang ZHOU vorgestellt.

**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. 1). 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°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).

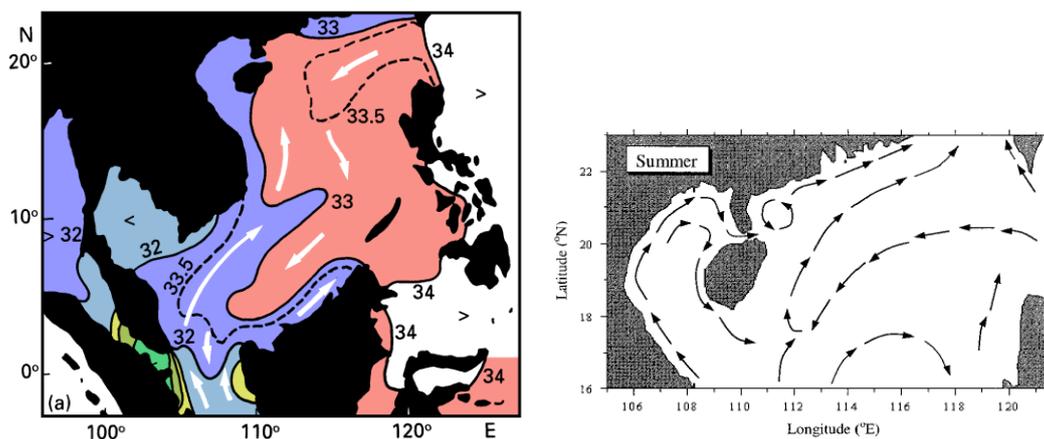


Abb. 1: Oberflächensalzgehalt im Süd Chinesischen Meer: (links) während des SW-Monsuns (August), Pfeile zeigen die abgeleitete Strömungsrichtung (nach Wyrtki, 1961). Schematische Darstellung der Zirkulation an der Oberfläche im Sommer (SW Monsun) im Süd- Chinesischen Meer (rechts) gemäß der Theorie der windgetriebenen Strömungen (nach Yu und Liu (1993) aus Shi et al., 2002).

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.

Während des SW Monsuns zeigen die Wassertemperaturen geringe Variationen und liegen zwischen 29°C und 30°C. Ein Süd-Nord Temperaturgradient (21-26°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 mg l<sup>-1</sup>) 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 PO<sub>4</sub>. 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 NO<sub>3</sub> Konzentrationen im SW Monsun liegen zwischen 3.0 µmolL<sup>-1</sup> im Norden und 5.0 µmolL<sup>-1</sup> im südlichen Beibu Golf, PO<sub>4</sub> liegt zwischen 0.1 µmolL<sup>-1</sup> und 0.3 µmolL<sup>-1</sup>. SiO<sub>3</sub> variiert zwischen 4.0 µmolL<sup>-1</sup> im Süden und 6.0 µmolL<sup>-1</sup> im Norden des Golfs. Die Sauerstoffkonzentrationen (DO) liegen im Bereich 350-400 µmolL<sup>-1</sup> und nehmen graduell nach Süden zu. Chlorophyll a erreicht 0.3-0.5 mg m<sup>-3</sup> während des SW Monsunes. Phytoplankton ist mit 0.5-10 ×10<sup>3</sup>cell L<sup>-1</sup> 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 geochemische Proxies (Isotopen), 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 Pearfluss-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 gezeigt worden, dass ausgesuchte redox-sensitive Metalle Hinweise über die Biogeochemie der benthisch-pelagisch gekoppelten Stoffflüsse ermöglichen (Kowalski et al., 2009). Solche Untersuchungen wurden im Beibu Golf erstmalig auf der FENDOU5 Ausfahrt durchgeführt und lieferten erste Ergebnisse über die Quellen, Senken, biogeochemischen Transformationen und Rückflüsse von Kohlenstoff, Nährstoffen, redox-sensitiven Metallen und einer Reihe von Schadstoffen in einem tropisch-subtropischen Küstenökosystem.

#### 4.1.3 Beschaffenheit der Sedimente

Im Rahmen der Suche nach Kohlenwasserstoff-Lagerstätten wurden umfangreiche seismische Messungen im Süd Chinesischen Meer sowie im Beibu Golf durchgeführt (Clift und Lin, 1998, Clift et al., 2002) und der tiefere strukturelle Aufbau des Untergrundes erkundet. Die Daten liegen zumeist bei entsprechenden Firmen vor und sind nicht publiziert. Clift und Lin (1998) geben eine Übersicht über reflexionsseismische Profile am nördlichen Kontinentalrand des Süd Chinesischen Meeres (Abb. 2). Bedingt durch die verwendeten niedrigen Frequenzen sowie die Messgeometrie werden die jüngsten Seebodenablagerungen in den Messdaten nicht oder nur mit einer sehr niedrigen Auflösung abgebildet. Hochauflösende seismo-akustische Daten mit einem Auflösungsvermögen < 1 m, die die Struktur der Holozänen Ablagerungen widerspiegeln, sind nur in einzelnen Bereichen zumeist als analoge Aufzeichnungen verfügbar.

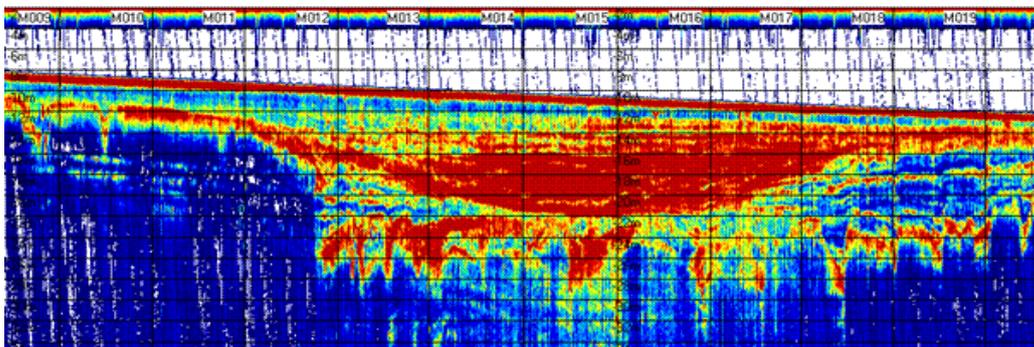


Abb. 2: Beispiel für eine Sediment-Echolot Registrierung aus dem GMGS Kartierungs-Programm am Nordrand des Beibu Golfes. Profilverlauf N-S, Tiefenbereich: 2-16 m. Das gerade, leicht nach rechts unten geneigte rote Band stellt den Seeboden dar. Das Profil schneidet ein altes, verschüttetes Flusstal (mittlerer Bildbereich).

Unsere chinesischen Partner stellten Daten von Gebieten mit Detailaufnahmen des Seebodens, von Bohrungen (aus dem GMGS Mapping Program und Qiougzhou Strait sowie Bohrungen 12210, 612 East, WUSHI17-1-1, WUSHI32-1-1, DF1-1S-6 West Site, DF30-1-1, YCF13-1-10 und LD15-1-1

West Site) und von Informationen zur Holozänen Sedimentbedeckung zur Verfügung. Dabei handelt es sich um Seitensicht – Sonar Aufnahmen, Sediment-Echolot Registrierungen sowie um hochauflösende einkanalige Flachseismik Daten. Die Ergebnisse des Qiongzhou –Strait Surveys liegen als analoge Papieraufzeichnungen vor. Die seismo-akustischen Daten des laufenden GMGS – Kartierungs-Programms an der Nordküste des Beibu Golfes sind in digitaler Form verfügbar. Ein Beispiel für eine derartige Registrierung, die mit dem hochauflösenden parametrischen Sediment-Echolot SES-96 gemessen wurde, ist in Abb. 2 dargestellt.

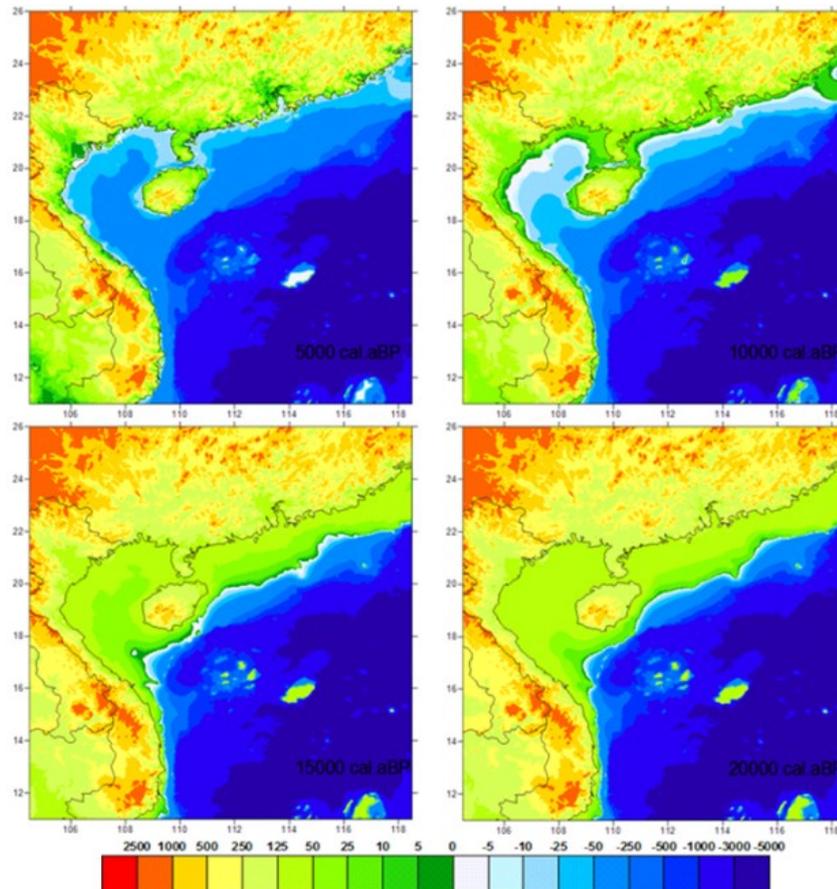


Abb. 3: Paläogeländemodelle für die Zeitpunkte 5000, 10000, 15000 und 20000 cal. a BP auf Grundlage der Meeresspiegelentwicklung nach Tanabe et al. (2003). Die schwarze Linie stellt den rezenten Küstenverlauf dar (nach Yao, 2007).

Dieses Band verläuft im küstennahen Raum in N-S Richtung und schneidet einen fossilen Flusslauf. Derartige Tal- und Beckenstrukturen enthalten häufig minimal gestörte und vollständige Sedimentabfolgen, die eine Rekonstruktion der jüngsten Entwicklungsgeschichte des küstennahen Ablagerungsraumes und der Umweltbedingungen ermöglichen. Über den weiteren Verlauf dieser Strukturen im zentralen und tieferen Teil des Beibu Golfs ist wenig bekannt. Die Entwicklung der küstennahen Holozänen Sedimentfolgen im Bereich des Beibu Golfs und des nördlichen Süd Chineschen Meeres ist unter anderem von Gupta et al. (1987), Hanebuth et al. (2006), Huang et al. (1995), Tanabe et al. (2003b) und Zong (2004) dargestellt worden. Die Änderung des relativen Meeresspiegels seit dem Pleistozän beschreiben Hanebuth et al. (2000, 2006), Schimanski and Stattegger (2005), Steinke et al. (2003, 2006) und Yim et al. (2006). Tanabe's et al. (2003a) Meeresspiegelkurve für das Untersuchungsgebiet zeigt Änderungen von 120 m über einen Zeitraum von 20.000 Jahren. Aus dieser Kurve und einem digitalen Geländemodell der Region des Beibu Golfs leitete Yao (2007) nach einer Methode von Harff et al. (2005) ein Meeresspiegelmodell der Region

für das Spätpleistozän und Holozän ab. Aus den Paläogeländemodellen in Abb. 4 wird deutlich, dass das Holozän im Becken des Beibu Golfs mit marinen Folgen einsetzt. Das basale Holozän wird in spätpleistozänen Erosionsrinnen im Bereich des Beckenzentrums erwartet. Beispiele für seismostratigraphische Modelle des transgressiven Holozäns wurden für die zentralvietnamesischen Küsten und für das Pearl Fluss Ästuar vorgelegt (Tang et al., 2010). Beide Autoren weisen nach, dass sich in der Architektur der holozänen Sedimentsequenzen der klimatisch gesteuerte Meeresspiegelanstieg und der terrigene fluviatile Eintrag mit lokalen tektonischen Prozessen überlagern. Zur Modellierung der Sedimentfolgen eignet sich das Konzept der Sequenzstratigraphie (Posamentier und Vail, 1988). Zur Rekonstruktion von klimatischen Änderungen während des Holozäns eignen sich geochemische Klimaproxies, wie Shi et al. (2010) an Sedimentkernen des Pearl Fluss Ästuars gezeigt haben.

#### **4.1.4 Bedeutung der Mangroven**

Der Eintrag aus Flüssen und Mangroven stellt eine natürliche Quelle von Nährstoffen für tropische Küstengewässer dar, die zu hoher Produktivität und Fischreichtum in den Küstenmeeren beitragen und damit die Lebensgrundlage für viele Menschen begründen. In den letzten Jahrzehnten haben sich anthropogen bedingt die Einträge von Stickstoff und Phosphor in den Ozean jedoch verdreifacht (Smith et al., 2003). Ursachen hierfür sind intensiver Düngereinsatz, Einleitung von Abwässern und verstärkte Erosion im Zuge von Landnutzungsänderungen. Dies führte entlang vieler Küstenabschnitte zu einer Eutrophierung und einer erhöhten Produktivität, die oftmals mit einer Verschiebung der Algengemeinschaft und dem Auftreten toxischer Algen einhergeht (Cloern, 2001; Rabalais et al., 2002). Als weitere Folge kann es zur Entstehung hypoxischer Bedingungen kommen, die nicht nur die Organismen schädigen, sondern auch Einfluss auf die biogeochemischen Kreisläufe, z.B. des Stickstoffs haben (Diaz and Rosenberg, 2008; Naqvi et al., 2000; Rabalais, 1999). In der Summe können diese Veränderungen die ökonomischen Grundlagen vieler Menschen insbesondere in den Tropen, wo ein hoher Bevölkerungsanteil von den Ressourcen der Küstengewässer lebt, gefährden.

Die Küsten der Provinz Guangxi in SW Chinas gehört zu den wenigen Regionen Chinas, in denen Mangroven zu finden sind (Li and Lee, 1997). Insgesamt machen die Mangroven Chinas nur einen geringen Teil der globalen Mangrovenvorkommen aus, sind aber vergleichsweise artenreich. Die Mangroven im Untersuchungsgebiet und der Stoffaustausch mit angrenzenden Gewässern sind durch die speziellen Tidenverhältnisse des Golfs von Beibu besonders interessant. Sie gehören zu den wenigen Mangroven weltweit, die einer starken diurnalen Tide ausgesetzt sind. Das heißt, dass sie extrem langen Überflutungs- und Trockenphasen und zudem dem starken Tidenhub von bis zu 4 m ausgesetzt sind (Krumme, 2009).

Landesweit ist der Mangrovenbestand durch die Anlage von Reisfeldern in den 1960er und 1970er Jahren und nachfolgend durch die Konvertierung zu Aquakulturateichen stark zurückgegangen. In der Provinz Guangxi umfassten die Bestände zu Beginn der 1980er Jahre noch >12250 ha, sind aber bis in die Mitte der 1990er Jahre auf ca. 5650 ha dezimiert worden (Li and Lee, 1997). In den darauf folgenden Jahren wurden die Mangroven weiter abgeholzt, um die Aufzucht von Garnelen, die am Golf von Beibu einen wichtigen wirtschaftlichen Faktor darstellt, auszubauen. Der Flächenverbrauch durch Garnelenteiche in der Region Beihai hat sich im Zeitraum von 1990-2004 von ca. 2700 ha auf 6300 mehr als verdoppelt; insgesamt gehen in China 95% der Mangrovenverluste auf den Ausbau der Aquakultur zurück (Fan, 2005). Angesichts der Bedrohung der Mangrovenvorkommen wurden in der Provinz Guangxi jedoch schon 1990 zwei Mangrovenschutzgebiete etabliert: Shankou und Beilunhe. Sie umfassen zusammen ca. 2000 ha Mangrovenbestands. Im Jahr 1991 wurde das Guangxi Mangrove Research Centre in Beihai gegründet, das als Partner in diesem Teilprojekt agiert.

Die Auswirkung der Konvertierung von Mangroven zu Garnelenteichen ist zweifach: Unter natürlichen Bedingungen haben Mangroven eine wichtige Funktion inne, indem sie Stoffflüsse über die Land-Ozean-Grenze hinweg modifizieren (Dittmar and Lara, 2001; Jennerjahn and Ittekkot, 2002; Kristensen et al., 2008; Steven Bouillon et al., 2008). Intakte Mangroven können angrenzende Küstengewässer und sensible Habitats, z.B. Seegraswiesen, vor dem negativen Einfluss erhöhter Sediment- und Nährstoffeinträge schützen (Valiela and Cole, 2002). Diese wichtige Senkenfunktion der Mangroven geht durch das Abholzen verloren. Auch wenn die Belastung mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen im Gebiet um Beihai gering zu sein scheint (Vane et al., 2009), ist doch mit einer erheblichen Beeinträchtigung durch den zusätzlichen Nährstoffeintrag aus dem Garnelenteichen zu rechnen. Im Falle des Golfs von Beibu stellen die Garnelenfarmen die bedeutendste Quelle für Verschmutzung für die Küstengewässer dar, die mit erhöhter Algenproduktion und dem Absterben der kultivierten Muschelpopulationen in Verbindung gebracht wird (Fan, 2005). Satellitengestützte Untersuchungen der Chlorophyll *a* Konzentrationen im Golf von Beibu zeigen tatsächlich eine deutliche erhöhte Primärproduktion entlang der gesamten Küste (Tang et al., 2003). Hierbei darf der Eintrag aus dem landwirtschaftlich genutzten Hinterland über die Flüsse jedoch nicht vernachlässigt werden (Zhang, 1996; Zhang et al., 2007).

Eigene Beobachtungen, die im Rahmen von LANCET in Flüssen und Küstengewässern Hainans gemacht wurden, haben gezeigt, dass sich Einträge aus Garnelenteichen generell auf die Zusammensetzung der Nährstoffe auswirken und in erhöhten Ammoniumanteilen widerspiegeln (Herbeck et al., 2012). Den Einfluss der Aquakultur auf die vorgelagerten Küstengewässer und Seegraswiesen lässt sich z.B. anhand der Zusammensetzung der stabilen Stickstoffisotope verfolgen (Herbeck and Unger, in press).

Seegrasvorkommen in Guangxi konzentrieren sich um die Region Hepu, wo eine Seegras Demonstration Site eingerichtet ist (<http://www.seagrasswatch.org/China.html>) und die Region Pearl Bay, beide zusammen umfassen etwa 700 ha. Kleinere Vorkommen gibt es auch noch in unmittelbarer Nähe der Stadt Beihai und der Permanent Observation Site des GMRC (persönliche Auskunft von Mitarbeitern des GMRC). Wie anderswo auch sind diese Seegraswiesen durch anthropogene Eingriffe stark beeinträchtigt insbesondere durch Teich- und Seewasserkulturen (Huang et al., 2006). Erhöhte Stickstoffeinträge beeinträchtigt das Seegraswachstum und spiegeln sich gleichzeitig in niedrigeren C/N und erhöhten  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten des Pflanzenmaterials wider (Burkholder et al., 1992; Cabaco et al., 2008; Fourqurean et al., 1997).  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Seegrasmaterial erlauben darüber hinaus Rückschlüsse auf Quellen der Eutrophierung (Castro et al., 2007).

#### **4.2.1 Eigene Vorarbeiten: Das Konsortium**

**IOW:** Das in diesem Projekt gemeinsam arbeitende Konsortium aus den Bereichen Meereschemie, Physikalische Ozeanographie, Biogeochemie, Isotopengeochemie und Sedimentologie verfügt über umfangreiche Erfahrungen bei der chemischen, hydrographischen, (isotopen-) geochemischen und biogeochemischen Analyse von Prozessen in marinen Sedimenten, den Porenwässern, der Wassersäule und Schwebstoffen aus Küsten- und Randmeeren, dem offenen Ozean und anderen marinen Ablagerungsräumen (z.B. Arz et al. 2003a/b, 2006, 2007, Blanz et al., 1999; Böttcher 2008; Böttcher et al., 2004a/b, 2006, 2007, 2008; de Beer et al., 2005; Dellwig et al., 2007; Garçon et al., 2001; Grice et al., 2005; Jörgensen et al., 2004; Neretin et al., 2004; Schulz-Bull et al., 1995, 1998; Waniek et al., 2000; Waniek et al., 2005a/b/c; Zopfi et al., 2008). Das IOW verfügt ebenfalls über langjährige Erfahrung in der Meeresoptik und Fernerkundung mit Untersuchungen fokussiert auf die Identifizierung und Beobachtung von küstendynamischen Prozessen, Phytoplanktonblüten und Küstenabfluss (Siegel et al., 1996; Siegel et al., 2004 Siegel et al., 2007; Siegel et al., 2008). Darüber hinaus liegen zahlreiche Erfahrungen zur geochemischen

Proxyanwendung zum Verfolgen von klimaabhängigen Veränderungen des Sedimentationsmilieus in Nebenmeeren (z.B. der zentralen Ostsee) vor.

Seit 2003 führten die Antragsteller gemeinsame Forschungsarbeiten mit chinesischen Einrichtungen in Guangzhou (Chinesische Akademie der Wissenschaften, Zhongshan Universität, Guangzhou Marine Geological Survey) in bilateralen deutsch/chinesischen Forschungsprojekten durch. Dabei wurde sowohl mit seismo-stratigraphischen Modellen der Bau holozäner Sedimentfolgen des Pearl Fluss Ästuars (Tang et al., 2010) als auch die regionalisierte Sedimentfazies in Abhängigkeit von natürlicher Dynamik des Sedimentationsraumes (Heise et al., 2010) und anthropogener Einflüsse untersucht (Shi et al., 2010). 2008 wurden Wissenschaftler des Guangzhou Marine Geological Survey zum IOW nach Warnemünde eingeladen, um mit Probenmaterial vom Beibu Golf im Labor dieses Vorhaben vorzubereiten (Xia et al., 2008, unveröff.).

**ZMT:** Dr. Unger führt seit mehreren Jahren erfolgreich biogeochemische Forschungsarbeiten durch. Schwerpunkt der Arbeiten ist die Zusammensetzung und Qualität des organischen Materials im fluviatilen und marinen Milieu. Dabei werden schwerpunktmäßig die Zusammensetzung der Kohlenhydrate und Aminosäuren und die stabilen N-Isotope herangezogen, um Quellen und Qualität des organischen Materials zu charakterisieren. Regionaler Schwerpunkt war dabei der Golf von Bengalen (Unger et al., 2005b; Unger et al., 2003; Unger and Jennerjahn, in press). Es konnte gezeigt werden, dass fluviatiles Material anhand der benutzten Parameter charakterisiert werden kann, dass der Partikelfluss organischen Materials im offenen Golf von Bengalen jedoch im Wesentlichen von der marinen Produktion bestimmt wird. Anhand der saisonal variablen Isotopensignatur in Sinkstoffen aus dem südlichen Golf von Bengalen konnten die Abhängigkeit des Partikelflusses von wechselnden Einflüssen aus dem Arabischen Meer bzw. dem zentralen Teil des Golfes belegt werden (Unger et al., 2006). Die gekoppelte Analyse von Aminosäuren und stabilen N-Isotopen wurde außerdem dazu genutzt, um den Einfluss von Degradation des organischen Materials auf den Transfer des N-Isotopen-Signals von der Ozeanoberfläche ins Sediment zu untersuchen (Gaye-Haake et al., 2005).

Detaillierte Untersuchungen der Quellen und Umsetzungsprozesse organischen Materials im Übergangsbereich Fluss-Ästuar-Schelf wurden für die großen Flüsse Ob und Yenisei durchgeführt (Fahl et al., 2003; Gaye-Haake et al., 2003; Gaye et al., 2007; Gebhardt et al., 2004, 2005; Unger et al., 2005a). Dr. Unger war maßgeblich an einem BMBF-Projekt "Land-based activities affecting the fluxes and transformation of nutrients and organic matter from watershed to the coastal sea", das im Rahmen des BMBF-geförderten Verbundvorhabens "Land-Sea Interactions along Coastal Ecosystems of Tropical China: Hainan" (LANCET) durchgeführt wird, beteiligt. Hier wurden insbesondere Quellen, Qualität und Transfer von gelöstem und partikulärem organischen Material sowie inorganischen gelösten Nährstoffen in Flüssen und Ästuaren untersucht. Die Auswirkung von Taifun-bedingten Starkregen auf Materialexporte in die Küstengewässer sowie die Folgen der Eutrophierung auf die küstennahen Seegraswiesen ist ein weiterer Schwerpunkt dieses Teilprojektes (Herbeck et al., 2011; Herbeck et al., 2012; Unger et al., 2012).

#### **4.3. Literatur zu Stand der Wissenschaft (4.1) & eigene Vorarbeiten (4.2)**

- Al-Raei, A.M., Bosselmann, K., Böttcher, M.E., Hespeneide, B. & Tauber, F. (2009) Seasonal dynamics of microbial sulfate reduction in temperate intertidal surface sediments: Controls by temperature and organic matter. *Ocean Dynamics* 59, 351-370.
- Arz, H. W., J. Pätzold, P. J. Müller, M. O. Moammar (2003) The influence of northern hemisphere climate and global sea level rise on the restricted Red Sea marine environment during the Termination I. *Paleocenaography* 18, doi:10.1029/2002PA000864.
- Arz, H. W., F. Lamy, J. Pätzold, P. J. Müller, and M. Prins (2003): Mediterranean moisture source for an Early - Holocene humid period in the northern Red Sea. *Science* 300, 118-121.

- Arz, H. W., Lamy, F., Pätzold, J. (2006) A pronounced dry event recorded around 4.2 kyr in brine sediments from the Northern Red Sea. *Quaternary Research* 66, 432-441.
- Arz, H. W., Lamy, F., Ganopolski, A., Novaczyk, N., and Pätzold, J. (2007). Dominant Northern Hemisphere climate control over millennial-scale sea-level variability. *Quaternary Science Reviews* 26, 312-321.
- Bauer, A., Stottmeister, I, Waniek, J.J. (2010): The effect of Qiongzhou Strait on the distribution of water properties in the Beibu Gulf under typhoon conditions, Presentation vor dem Wissenschaftlichem Beirat des IOW, 04-05.03.2010, Rostock
- Bauer, A., Radziejewska, T., Kai Liang, Kowalski, N., Dellwig, O., Bosselmann, K., Stark, A., Zhen Xia, Harff, J., Bötcher, M.E., Schulz-Bull, D.E., Waniek, J.J. (2012): Regional differences of hydrographical and sedimentological properties in Beibu Gulf, South China Sea. *Journal of Coastal Research*, accepted
- Bauer, A., Waniek, J.J. (2012): Factors affecting the primary production in the central Beibu Gulf, South China Sea, *Marine Ecology Progress Series*, accepted
- Blanz, T., D.E. Schulz-Bull, K.C. Emeis, G. Petrick & J.C. Duinker, 1999. Chlorobiphenyls in suspension and sediment of the southern Baltic Sea: A mass balance calculation since the onset of PCB-production. *Continental Shelf Resesarch*, 19, 891-910.
- Böttcher, M.E. (2010) Isotopes (Sulfur). In (Reitner, J. & Thiel V. (eds.)) *Encyclopaedia of Geobiology*. Springer, in press.
- Böttcher, M.E., Brumsack, H.-J. & Dürselen, C.-D. (2007) The isotopic composition of modern seawater sulfate: I. Coastal waters with special regard to the North Sea. *J. Mar. Sys.* 67, 73-82.
- Böttcher, M.E., Ferdelman, T.G., Jorgensen, B.B., Blake, R.E., Surkov, A.V. & Claypool, G.E. (2006) Sulfur isotope fractionation by the deep biosphere within sediments of the Eastern Equatorial Pacific and Peru Margin. In (Jorgensen, B.B., D'Hondt S. & Miller, D. (Eds.)) *Proc. ODP, Sci. Res.* 201-109, 1-21.
- Böttcher, M.E., Hespeneide, B., Brumsack, H.-J. & Bosselmann, K. (2004) Stable isotope biogeochemistry of the sulfur cycle in modern marine sediments: I. Seasonal dynamics in a temperate intertidal sandy surface sediment. *Isotopes Environ. Health Stud.* 40, 267-283.
- Böttcher, M.E., Khim, B.-K., Suzuki, A., Gehre, M., Wortmann, U.G. & Brumsack, H.-J. (2004) Microbial sulfate reduction in deep sediments of the southwest Pacific (ODP Leg 181; Sites 1119 to 1125): Evidence from stable sulfur isotopes and pore water modeling. *Mar. Geol.* 205, 249-260.
- Böttcher, M.E., Voss, M., Schulz-Bull, D., Schneider, R., Leipe, T. & Knöller, K. (2010) Environmental changes in the Pearl River Estuary (China) as reflected by light stable isotopes and organic contaminants. Accepted *Journal Marine System*.
- Burkholder, J.M., Mason, K.M., Glasgow Jr., H.B., (1992): Water-column nitrate enrichment promotes decline of eelgrass *Zostera marina*: evidence from seasonal mesocosm experiments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 81, 163-178.
- Cabaco, S., Machas, R., Vieira, V., Santos, R., (2008): Impacts of urban wastewater discharge on seagrass meadows (*Zostera noltii*). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 78, 1-13.
- Castro, P., Valiela, I., Freitas, H., (2007): Eutrophication in Portuguese estuaries evidenced by  $\delta^{15}N$  of macrophytes. *Marine Ecology Progress Series* 351, 43-51.
- Clift, P.D., Lin, J. (1998): *Seismic Velocity, Stratigraphy and Acoustic Study of the South China Sea.*, Report, Department of Geology and Geophysics, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA 02543, pp46.
- Clift, P., Wang, P., Kuhnt, W., Hall, R., Tada, R. (2002): *Continent-Ocean Interactions within the East Asian Marginal Seas.* American Geophysical Union Chapman Meeting, 10-14th November 2002,
- Cloern, J.E., (2001): Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine Ecology Progress Series* 210, 223-253.
- de Beer D., Wenzhöfer, F., Ferdelman, T.G., Boehme, S.E., Hüttl, M., van Beusekom, J.E.E., Böttcher, M.E., Musat, N. & Dubilier, N. (2005) Transport and mineralization in North Sea sandy intertidal sediments, Sylt-Rømø Basin, Wadden Sea. *Limnol. Oceanogr.* 50, 113-127.
- Dellwig, O., Bosselmann, K., Kölsch, S., Hentzschel, M., Hinrichs, J., Böttcher, M.E., Reuter, R. & Brumsack, H.-J. (2007) Sources and fate of manganese in a tidal basin of the German Wadden Sea. *J. Sea Res.* 57, 1-18.
- Diaz, R.J., Rosenberg, R., (2008): Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems. *Science* 321, 926-929.
- Dittmar, T., Lara, R.J., (2001): Driving Forces Behind Nutrient and Organic Matter Dynamics in a Mangrove Tidal Creek in North Brazil. *Estuarine, Coastal and Marine Science* 52, 249-259.
- Fahl, K., Stein, R., Gaye-Haake, B., Gebhardt, A.C., Kodina, L.A., Unger, D., Ittekkot, V., (2003): Biomarkers in surface sediments from the Ob and Yenisei estuaries and the southern Kara Sea: Evidence for particulate carbon sources, pathways, and degradation., in: Stein, R., Fahl, K., Fütterer, D.K., Galimov, E.M., Stepanets, O.V. (Eds.), *Siberian river run-off in the Kara Sea. Characterisation, quantification, variability and environmental significance.* Elsevier, Amsterdam, pp. 329-348.
- Fan, H., (2005): Ecological security and quality economic policy in coastal areas of Beibu Gulf, South China: A case study on Beihai, Guangxi, China, *Proceedings of the 2nd Workshop of MAB-Ecotone Phase II and 4th Meeting of SeaBRnet: Integrated ecosystem management – pursuing a quality economy in biosphere reserves, with thematic discussion on biosphere reserve application in large wetland areas in Asia.* Enesco Office, Jakarta, Champasak Palace, Pakse District, Champasak Province, Indonesia, pp. 115-119.
- Fourqurean, J., Moore, T., Fry, B., Hollibaugh, J., (1997): Spatial and temporal variation in C:N:P ratios,  $\delta^{15}N$ , and  $\delta^{13}C$  of eelgrass *Zostera marina* as indicators of ecosystem processes, Tomales Bay, California, USA. *Marine Ecology Progress Series* 157, 147-157.
- Garçon V, A. Oschlies, S. Doney, D. McGillicuddy and J. Waniek (2001): The role of mesoscale variability on plankton dynamics in the North Atlantic, *Deep-Sea Res.* II, 48, 2199-2226.

- Gaye-Haake, B., Lahajnar, N., Emeis, K.-C., Unger, D., Rixen, T., Suthhof, A., Ramaswamy, V., Schulz, H., Paropkari, A.L., Guptha, M.V.S., Ittekkot, V., (2005): Stable nitrogen isotopic ratios of sinking particles and sediments from the northern Indian Ocean. *Marine Chemistry* 96, 243-255.
- Gaye-Haake, B., Unger, D., Nöthig, E.-M., Okolodkov, Y., Fahl, K., Ittekkot, V., (2003): Particle fluxes from short-term sediment trap deployment in late summer in the southern Kara Sea., in: Stein, R., Fahl, K., Fütterer, D.K., Galimov, E.M., Stepanets, O.V. (Eds.), *Siberian river run-off in the Kara Sea. Characterisation, quantification, variability and environmental significance.* Elsevier, Amsterdam, pp. 309-328.
- Gaye, B., Fahl, K., Kodina, L.A., Lahajnar, N., Nagel, B., Unger, D., Gebhardt, A.C., (2007): Particulate matter fluxes in the southern and central Kara Sea compared to sediments: Bulk fluxes, amino acids, stable carbon and nitrogen isotopes, sterols and fatty acids. *Continental Shelf Research* 27, 2570-2594.
- Gebhardt, A.C., Gaye-Haake, B., Unger, D., Lahajnar, N., Ittekkot, V., (2004): Recent particulate organic carbon and total suspended matter fluxes from the Ob and Yenisei Rivers into the Kara Sea (Siberia). *Marine Geology* 207, 225-245.
- Gebhardt, A.C., Gaye-Haake, B., Unger, D., Lahajnar, N., Ittekkot, V., (2005): A contemporary sediment and organic carbon budget for the Kara Sea shelf (Siberia). *Marine Geology* 220, 83-100.
- Grice, K., Cao, C., Love, G.D., Böttcher, M.E., Twitchett, R.J., Grosjean, E., Summons, R.E., Turgeon, S.C., Dunning, W. & Jing, Y. (2005): Photic zone euxinia during the Permian-Triassic superanoxic event. *Science* 307, 706-709.
- Gupta A., Rahman A., Poh Poh W., et al. (1987): The old alluvium of Singapore and the extinct drainage system to the South China Sea, *Earth Surface Process. Landforms* 12, 259-275.
- Gu Shenchang et al. (1989) The rare element geochemistry of bottom sediment in South China Sea. *Tropical Marine*, Vol 8, No.2.
- Hanebuth, T., Statterger, K., Grootes, P. (2000): Rapid flooding of the Sunda Shelf; a lateglacial sea-level record. *Science*. 288:1033- 1035.
- Hanebuth, T., Saito, Y., Tanabe, S., Vu, Q.L., Ngo, Q.T. (2006): Sea levels during late marine isotope stage 3 (or older?) reported from the Red River delta (northern Vietnam) and adjacent regions. *Quaternary International*. 145:119-134.
- Harff J., Lampe R., Lemke W., Lübke H., Lüth F., Meyer M., and Tauber F. (2005). The Baltic Sea: A model ocean to study interrelations of geosphere, ecosphere, and anthroposphere in the coastal zone. *Journal of Coastal Research*, 21(3), 441-446.
- Heise, B., J. Harff, J. Ren, Liang. K. (2010): Patterns of potential sediment erosion in the Pearl River Estuary, *Journal of Marine Systems*. 82, 62-82
- Herbeck, L.S., Unger, D., in press. Influence of aquaculture pond effluents along back-reef waters traced by standard water quality parameters combined with  $\delta^{15}\text{N}$  in suspended matter and phytoplankton bioassays. *Marine Ecology Progress Series*.
- Herbeck, L.S., Unger, D., Krumme, U., Liu, S.M., Jennerjahn, T.C., (2011): Typhoon-induced precipitation impact on nutrient and suspended matter dynamics of a tropical estuary affected by human activities in Hainan, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 93, 375-388.
- Herbeck, L.S., Unger, D., Wu, Y., Jennerjahn, T.C., (2012): Effluent, nutrient and organic matter export from shrimp and fish ponds causing eutrophication in coastal and back-reef waters of NE Hainan, tropical China. *Continental Shelf Research* in press, available online.
- Huang, X., Huang, L., Li, Y.i., Xu, Z., Fong, C.W., Huang, D., Han, Q., Huang, H., Tan, Y., Liu, S., (2006): Main seagrass beds and threats to their habitats in the coastal sea of South China, *Chinese Science Bulletin* 51 Supp. II, 136-142, DOI: 110.1007/s11434-11006-19136-11435.
- Huang Y., Zou H., Zhang K. (1995): Quaternary coastline evolution in the north of South China Sea. *Tropical Geomorphology* 16(2), 1-21 (in Chinese with an English abstract).
- Jennerjahn, T.C., Ittekkot, V., (2002): Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins. *Naturwissenschaften* 89, 23-30.
- Jørgensen, B.B., Böttcher, M.E., Lüschen, H., Neretin, L.N. & Volkov, I.I. (2004): Anaerobic methane oxidation and a deep H<sub>2</sub>S sink generate isotopically heavy sulfides in Black Sea sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta* 68, 2095-2118
- Kowalski, N., Dellwig O., Beck M., Grunwald M., Kölsch S., Piepho M., Iedel T., Freund H., Brumsack H.-J. & Böttcher, M.E. (2009): Trace metal dynamics in the water column and pore waters in a temperate tidal system: Response to the fate of algae derived organic matter. *Ocean Dynamics* 59, 333-350.
- Kristensen, E., Bouillon, S., Dittmar, T., Marchand, C., (2008): Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. *Aquatic Botany* 89, 201-219.
- Krumme, U., (2009): Diel and tidal movements by fish and decapods linking tropical coastal ecosystems, in: Nagelkerken, I. (Ed.), *Ecological linkages among tropical coastal ecosystems.* Springer, Dordrecht, pp. 271-324.
- Leipe, T., Dippner, J.W., Hille, S., Voss, M., Christiansen, C., Bartholdy, J. (2008 a): Environmental changes in the central Baltic Sea during the past 1000 years: inferences from sedimentary records, hydrography and climate. *Oceanologia* 50, 23-41.
- Leipe, T., Harff, J., Meyer, M., Hille, S., Pollehne, F., Schneider, R., Kowalski, N., Brüggman, L. (2008 b): Chapter 14: Sedimentary records of environmental changes and anthropogenic impacts during the past decades. In: Feistel, R., Nausch, G., Wasmund, N. (Eds.): *State and Evolution of the Baltic Sea, 1952-2005: A detailed 50-year survey of meteorology and climate, physics, chemistry, biology, and marine environment.* Wiley, 2008.
- Li, M.S., Lee, S.Y., (1997): Mangroves of China: a brief review. *Forest Ecology and Management* 96, 241-259.
- Mayer, L.M., Rhaim, P.T., Guerin, W., Macko, S.A., Watling, L. and Anderson, F.E. (1985): Biological and granulometric controls on organic matter of an intertidal mudflat. *Est., Coast. and Shelf Sciences*, 20, 491-503

- Naqvi, S.W.A., Jayakumar, D.A., Narvekar, P.V., Naik, H., Sarma, V.V.S.S., D'Souza, W., Joseph, S., George, M.D., (2000): Increased marine production of N<sub>2</sub>O due to intensifying anoxia on the Indian continental shelf. *Nature* 408, 346-349.
- Neretin, L.N., Böttcher, M.E., Jörgensen, B.B., Volkov, I.I., Lüschen, H. & Hilgenfeldt, K. (2004): Pyritization processes and greigite formation in the advancing sulfidization front in the Upper Pleistocene sediments of the Black Sea. *Geochim. Cosmochim. Acta* 68, 2081-2093.
- Posamentier, H. W., Vail, P. R. (1988): Eustatic controls on clastic deposition II – sequence and systems track models.- in: Wilgus, C. K. et al. (eds.): *Sea level changes – an integrated approach.*- Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Publ. Nor. 42, p. 125 – 154.
- Rabalais, N., N., (1999): Changes in Mississippi river nutrient fluxes and consequences for the northern Gulf of Mexico coastal ecosystem. *LOICZ Newsletter* 13, 1-3.
- Rabalais, N.N., Turner, R.E., Dortch, Q., Justic, D., Biermann, V.J., Wiseman, W.J., (2002): Nutrient-enhanced productivity in the northern Gulf of Mexico *Hydrobiologia* 475/476, 39-63.
- Rückert, P. (2006): *Sedimentologische und geochemische Charakterisierung des Perl-Fluß-Ästuars in Südchina.*- Diplom-Arbeit, Institut für Geographie und Geologie, Universität Greifswald, 57 S., 19 Abb., 9 Tab., 66 Lit., 3 Anhänge.
- Schimanski, A., Stattegger, K. (2005): Deglacial and Holocene evolution of the Vietnam shelf: stratigraphy, sediments and sea-level change. *Marine Geology* 214, 365-387.
- Schulz-Bull, D.E., G. Petrick, R. Bruhn & J.C. Duinker, 1998. Chlorobiphenyls (PCB) and PAHs in water masses of the northern North Atlantic. *Marine Chemistry*, 61, 101-114.
- Schulz-Bull, D.E., G. Petrick, N. Kannan & J.C. Duinker, 1995. Distribution of individual chlorobiphenyls (PCB) in solution and suspension in the Baltic Sea. *Marine Chemistry*, 48, 245-270.
- Shi Qi, Leipe, T., Rückert, P. Zhou Di, Harff, J. (2010): Geochemical Composition, Provenance, Deposition and Enrichment of Short Sediment Cores from the Pearl River Estuary, Southern China, *Journal of Marine Systems.*, 82, 28-42.
- Shi, M., Chen, C., Xu, Q., Lin, H., Liu, G., Wang, H., Wang, F., Yan, J. (2002): The Role of Qiongzhou Strait in the Seasonal Variation of the South China Sea Circulation, *Journal Physical Oceanography*, 32, 103-121.
- Siegel, H., M. Gerth, T. Schmidt (1996): Water exchange in the Pomeranian Bight investigated by satellite data and ship-borne measurements. *Continental Shelf Research*, Vol.16, No.14, 1793-1817.
- Siegel, H., T. Seifert, M. Gerth, T. Ohde, J. Reißmann, G. Schernewski (2004): Dynamical processes along the German Baltic Sea coast systematized to support coastal monitoring, in G. Schernewski & N. Löser (eds.) *Managing the Baltic Sea*, *Coastline Reports* 2, ISSN 0928-2734, 219-226.
- Siegel, H., T. Ohde, M. Gerth, G. Lavik, T. Leipe, 2007. Identification of coccolithophore blooms in the SE Atlantic Ocean off Namibia by satellites and in situ methods. *Continental Shelf Research*, 27, 258-274.
- Siegel, H., I. Stottmeister, J. Reißmann, and M. Gerth, 2008: Siak River System - East-Sumatra Characterisation of sources, estuarine processes, and discharge into the Malacca Strait. *Journal of Marine Systems*, doi:10.1016/j.marsys.2008.12.003.
- Smith, S.V., Swaney, D.P., Talaue-McManus, L., Bartley, J.D., Sandhei, P.T., McLaughlin, C.J., Dupra, V.D., Crossland, C.J., Buddemaier, R.W., Maxwell, B.A., Wulff, F., (2003): Humans, Hydrology, and the Distribution of Inorganic Nutrient Loading to the Ocean. *BioScience* 53, 235-245.
- Stark A., Bauer A., Bosselmann K., Böttcher M.E., Schulz-Bull D.E., Leipe T., Harff J., Xia Z., Zheng Z.C. & Waniek J.J. (2010) Biogeochemical and hydrographical investigations in the Beibu Gulf, South China Sea during southwest Monsoon: First Results from the FENDOU 5 cruise. *Geophys. Res. Abs.* 12, #3700
- Steinke, S., Han-Yi Chiu, Pai-Sen Y., et al. (2006): On the influence of sea level and monsoon climate on the southern South China Sea freshwater budget over the last 22,000 years. *Quaternary Science Reviews*. 25, 1475-1488.
- Steinke, S., Kienast, M., Hanebuth T. (2003): On the significance of sea-level variations and shelf paleomorphology in governing sedimentation in the southern South China Sea during the last deglaciation. *Marine Geology*. 201,179-206.
- Steven Bouillon, S., Borges, A.V., Castaneda-Moya, E., Diele, K., Dittmar, T., Duke, N.C., Kristensen, E., Lee, S.Y., Marchand, C., Middelburg, J.J., Rivera-Monroy, V.H., Smith III, T.J., Twilley, R.R., (2008): Mangrove production and carbon sinks: A revision of global budget estimates. *Global Biogeochemical Cycles* 22, GB2013, doi:2010.1029/2007GB003052.
- Tanabe S., Hori K., Saito Y., et al. (2003a): Song Hong (Red River) delta evolution related to millennium-scale Holocene sea-level changes. *Quaternary Science Reviews* 22, 2345-2361.
- Tanabe S., Hori K., Satio Y., et al., 2003b. Sedimentary facies and radiocarbon dates of the Nam Dinh-1 core from the Song Hong (Red River) delta, Vietnam. *Journal of Asian Earth Sciences* 21, 503-513.
- Tang, C., Di Zhou, D., Endler, R, Lin, J., Harff, J. (2010): Sedimentary Development of the Pearl River Estuary Based on Seismic Stratigraphy.- accepted *Journal of Marine Systems*.
- Tang D.L. Ni, I-H., Müller-Karger, F.E., Liu, Z.J. (1998): Analysis of annual and spatial patterns of CZCS-derived pigment concentration on the continental shelf of China, *Continental Shelf Research* 18, 1493-1515
- Tang, D., Kawamura, H., Lee, M.-A., Van Dien, T., (2003): Seasonal and spatial distribution of chlorophyll-a concentrations and water conditions in the Gulf of Tonkin, South China Sea. *Remote Sensing of Environment* 85, 475-483.
- Tomczak, M., Godfrey, J.S. (1994): *Regional Oceanography: An Introduction*, pergamon, 421pp
- Unger, D., Gaye-Haake, B., Neumann, K., Gebhardt, C.A., Ittekkot, V., (2005a): Biogeochemistry of suspended and sedimentary material in the Ob and Yenisei rivers and Kara Sea: amino acids and amino sugars. *Continental Shelf Research* 25, 437-460.

- Unger, D., Herbeck, L.S., Li, M., Bao, H., Wu, Y., Zhang, J., Jennerjahn, T., (2012): Sources, transformation and fate of particulate amino acids and hexosamines under varying hydrological regimes in the tropical Wenchang/Wenjiao Rivers and estuary, Hainan, China. *Continental Shelf Research*, in press, available online.
- Unger, D., Ittekkot, V., Schäfer, P., Tiemann, J., (2005b): Biogeochemistry of particulate organic matter from the Bay of Bengal as discernible from hydrolysable neutral carbohydrates and amino acids. *Marine Chemistry* 96, 155-184.
- Unger, D., Ittekkot, V., Schäfer, P., Tiemann, J., Reschke, S., (2003): Seasonality and interannual variability of particle fluxes to the deep Bay of Bengal: influence of riverine input and oceanographic processes. *Deep-Sea Research Part II* 50, 897-923.
- Unger, D., Jennerjahn, T., in press. Impact of regional Indian Ocean characteristics on the biogeochemical variability of settling particles, in: Wiggert, J., Naqvi, S.W.A., Smith, S., Hood, R.R. (Eds.), *Indian Ocean Biogeochemical Processes and Ecological Variability*. AGU.
- Unger, D., Schäfer, P., Ittekkot, V., Gaye, B., (2006): Nitrogen isotopic composition of sinking particles from the southern Bay of Bengal: Evidence for variable nitrogen sources. *Deep-Sea Research Part I* 53, 1658-1676.
- Valiela, I., Cole, M.L., (2002): Comparative evidence that salt marshes and mangroves may protect seagrass meadows from land-derived nitrogen loads. *Ecosystems* 5, 92-102, doi: 110.1007/s10021-10001-10058-10024.
- Vane, C.H., Harrison, I., Kim, A.W., Moss-Hayes, V., Vickers, B.P., Hong, K., (2009): Organic and metal contamination in surface mangrove sediments of South China. *Marine Pollution Bulletin* 58, 134-144.
- Waniek J.J., W. Koeve and R. Prien (2000): Trajectories of sinking particles and the catchment areas above sediment traps in the northeast Atlantic, *J. Marine Res.*, 58:6, p. 983-1006
- Waniek, J.J., Schulz-Bull, D.E., Blanz, T., Prien, R., Oschlies, A. and Müller, T. (2005a) Interannual variability of deep water particle flux in relation to production and lateral sources in the northeast Atlantic. *Deep Sea Res. Part I*, 52, 33-50.
- Waniek J.J., Schulz-Bull, D.E., Kuss, J., Blanz, T. (2005b) Long-time series of deep water particle flux in three biogeochemical provinces of the northeast Atlantic. *Journal of Marine Systems*, 56, 391-415.
- Waniek, J.J., Holliday, P. N., Davidson, R., Brown, L., Henson, S., Pollard, R. (2005c): Freshwater control of the onset and species composition of the Greenland shelf spring bloom. *Marine Ecology Progress Series*, 288: 45-57.
- Wyrski, K. (1961): Physical oceanography of the southeast Asian waters. *Scientific Results of Maritime Investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959-1961*. Naga Report, 2. Scripps Institution of Oceanography, La Jolla California, Balkema, Rotterdam.
- Xia, Z., Ma, S., Huang X. (2008): Report of pre-research and training for the future cooperation between GMGS and IOW in Germany (February 14 to April 14, 2008).- unpubl. Report, Leibniz-Institute for Baltic Sea Research, Warnemünde.
- Xia Zhen, J.J. Waniek, T. Leipe (2012): Anthropogenic fingerprint in Beibu Gulf (South China Sea) sediments, *Journal of Coastal Research*, accepted
- Yao Y. (2007): Report of a work stay of Yao Yantao, doctoral student of SCSIO at IOW, Germany, September – October 2007.- unpublished report, Leibniz-Institute for Baltic Sea Research Warnemünde, 11 p
- Yim, W. W. -S., Huang, G. et al. (2006): Postglacial sea-level changes in the northern South China Sea continental shelf: Evidence for a post-8200 calendar ka meltwater pulse. *Quaternary International*. 145-146: 55-67.
- Yu, M. G., Liu, J.F, (1993): The system and pattern of the South China Sea circulation (in Chinese). *Ocean Predict.*, 10 (2), 13–17.
- Zhao Yiyang, Yan Mingcai (1994): *Geochemistry of sediments of the China Shelf Sea*. Science Press.
- Zhang, J., (1996): Nutrient elements in large Chinese estuaries. *Continental Shelf Research* 16, 1023-1045.
- Zhang, J., Liu, S.M., Ren, J.L., Wu, Y., Zhang, G.L., (2007): Nutrient gradients from the eutrophic Changjiang (Yangtze River) Estuary to the oligotrophic Kuroshio waters and re-evaluation of budgets for the East China Sea Shelf. *Progress in Oceanography* 74, 449-478.
- Zong, Y. (2004): Mid-Holocene sea-level highstand along the Southeast Coast of China. *Quaternary International* 117, 55-67.
- Zopfi, J., Böttcher, M.E. & Jorgensen, B.B. (2008): Biogeochemistry of sulfur and iron in Thioploca-dominated surface sediments off Chile. *Geochim. Cosmochim. Acta* 72, 827-843.

## 5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Zuge des Vorhabens bestand eine erfolgreiche Kooperation mit Guangzhou Marine Geological Survey (GMGS), China Geological Survey (CGS), State Oceanographic Administration (SOA), Leibniz Zentrum für Marine Tropenökologie (ZMT), Guangxi Mangrove Research Center (GMRC) in Gungxi sowie dem Institut für Geowissenschaften in Kiel. Das ZMT- Teilprojekt hat, wie im Antrag formuliert, Proben und Daten für die anderen Teilprojekte (TP2 IOW) geliefert. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden in gemeinsame Publikationen Teilprojekte einfließen (Neumann et al: Verschmutzung/Belastung mit POPs; Kowalski et al.: Vergleiche Sedimente offshore und Küstengewässer, beide in Vorbereitung).

## II Eingehende Darstellung

### 1. Erzielte Ergebnisse (der Verwendung der Zuwendung und der erzielten Ergebnisse im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele)

#### 1.1 TP1(IOW): Hydrographische und biogeochemische Charakterisierung des Beibu Golfs während des SW Monsuns unter Einbeziehung der Fernerkundung und Modellierung

**Hydrographie:** Im TP1 wurden hydrographische Arbeiten während beider Expeditionen gefolgt von einer fächerübergreifenden Auswertung durchgeführt. Unsere Ergebnisse befinden sich bereits im Druck (Bauer et al. 2012, Bauer & Waniek, 2012; siehe Abschnitt 6.1). Desweiteren wurde eine Promotionsschrift angefertigt, die bei der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock eingereicht wurde (Bauer, 2012; vergl. Abschnitt 6.2). Aus diesem Grund werden die Ergebnisse an dieser Stelle nicht erneut präsentiert, sondern es wird hierzu auf diese Veröffentlichungen verwiesen.

Im Rahmen der Auswertearbeiten wurden auch Untersuchungen bezüglich der Diffusiven Boundary Layer (DBL) und des Einflusses bodennaher Strömungen auf die Resuspension, Ablagerung und Transport von Sedimenten durchgeführt (Bauer, 2012). Diese Untersuchungen beruhten auf den 25 h Registrierungen der Strömungen mittels Aanderaa Strömungsmesser und des schiffseigenen Acoustic Doppler Current Profilers (ADCP).

Unsere Untersuchungen zeigten, dass die über den Gezeitenzyklus variierenden Strömungen sich stark in der Ausbildung der DBL abbilden. Über 25 h Periode 24% der zonalen Strömungen und 44% der meridionalen Strömungen lassen eine DBL zu. Die DBL entsteht während des *slack* Wassers sowie der Flutphase sofern die Geschwindigkeiten kleiner  $8\text{ cm s}^{-1}$  sind (Abb. 1) und vermindert oder gar verhindert den Austausch an der Grenzfläche Wasser-Sediment (in unserem Fall ca. 25%-50% der Zeit). Die berechneten DBLs mit Mächtigkeit zwischen 0.2 und 1.1 mm sind konsistent mit bereits veröffentlichten Ergebnissen aus anderen Regionen mit starken Gezeitenströmen. Überall im Bereich des Golfs kann die DBL ausgebildet werden (Abb. 2), allerdings am Häufigsten im nördlichen Teil, im Zentrum (0.8 mm) sowie im südlichen Teil des Golfes (1.1 mm).

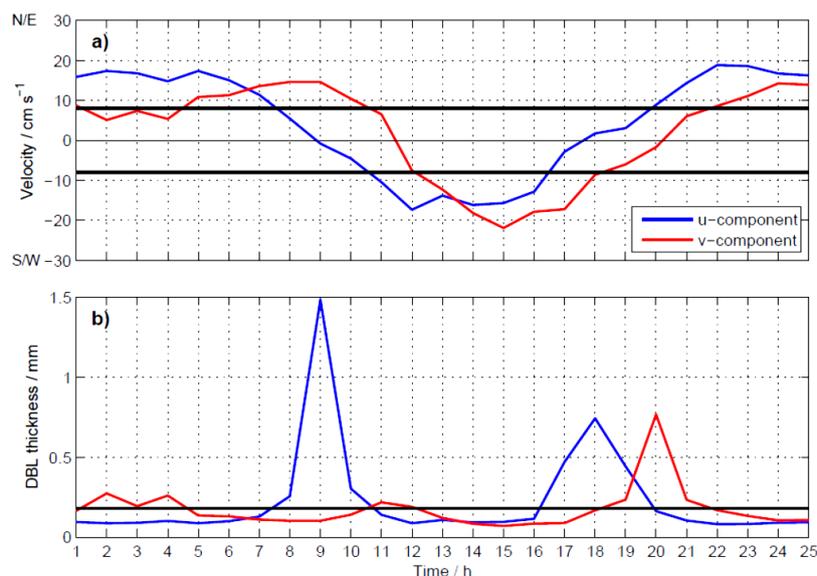


Abb 1. 25 h Aufzeichnung der a) Geschwindigkeit aufgeteilt in die zonale und meridionale Strömungskomponente ( $\text{cm s}^{-1}$ ) dargestellt zusammen mit dem  $\pm 8 \text{ cm s}^{-1}$  Grenzwert der die Ausbildung der DBL verhindert (schwarze horizontale Linien) sowie b) die errechnete Mächtigkeit der DBL über die 25 h Periode für beide Strömungskomponenten. Die schwarze horizontale Linie gibt die Dicke der DBL für eine Geschwindigkeit von  $8 \text{ cm s}^{-1}$ .

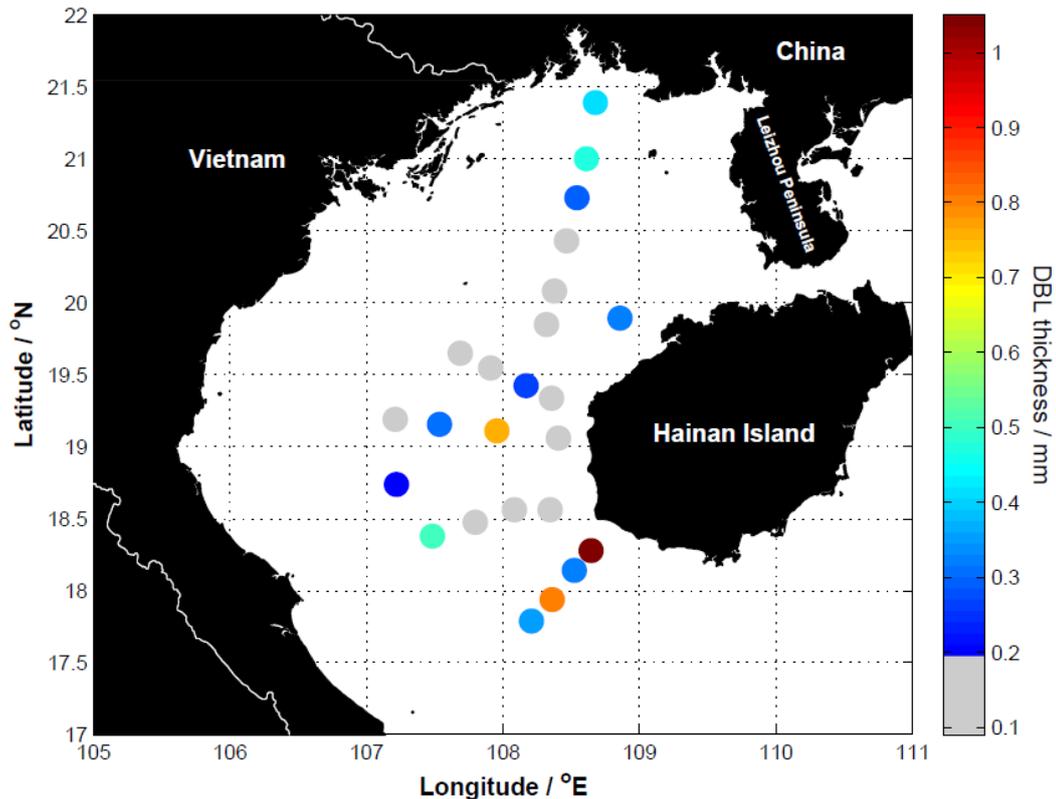


Abb 2. Räumliche Verteilung der DBL (mm). Graue Kreise markieren alle Stationen an den die Strömungsgeschwindigkeiten größer  $8 \text{ cm s}^{-1}$  waren und somit sich keine DBL ausgebildet hat.

Tab. 1. Ökologische Umwelt, Maximum und Minimum der dominierenden Spezies im Beibu Golf.

	Vertreter	Ökologische Umwelt	Höchste Abundanz % (Station)	Niedrigste Abundanz % (Station)
1.	Thalassionema nitzschioides	Geläufig, weit verbreitet küstennah in warmen Gewässern	1,43% (371800)	33,38% (371680)
2.	Pseudo-nitzschia pungens	Über breiten Bereich von Salzgehalt und Temperatur auftretend in Küstennahen und ozeanischen, warm bis temperiert	0,86% (371740)	29,43% (371680)
3.	Skeletonema tropicum	Kosmopolitane Art, warm bis temperierte Gewässer (nicht vorhanden in der Arktis und Antarktis)	2,71% (371840)	19,63% (371610)
4.	Thalassionema frauenfeldii	ozeanische Art, weit verbreitet, temperierte Bedingungen	3,66% (371620)	21,17% (371680)
5.	Lauderia annulata	weit verbreitet, weltweit	1,79% (371700)	16,20% (371630)
6.	Chaetoceros lorenzianus	tropische und temperierte Gewässer, neritisch	0,43% (371650)	10,48% (371750)
7.	Cylindrotheca closterium	marine Gewässer, dominiert im Frühjahr und Sommer, toxisch	1,71% (371740)	21,17% (371680)
8.	Chaetoceros curvisetus	weltweit verbreitet, neritisch, temperierte Gewässer der Südhalbkugel	0,48% (371800)	6,54% (371620)
9.	Guinardia striata	marine Gewässer, neritisch	2,48% (371750)	11,12% (371790)
10.	Bacteriastrium hyalinum	Marine Gewässer, pelagisch temperierte Zone	0,55% (371600)	4,77% (371680)

Die Diatomengemeinschaft im Beibu Golf beinhaltet meistens weit verbreitete, marine Spezies die in warmen bis temperierten Gewässern auftreten (Tab.1). 27 Gattungen und 77 Spezies zentrischer Diatomeen und 20 Gattungen mit 39 Spezies penate Diatomeen wurden identifiziert. Die am häufigsten auftretenden Gattungen zentrischer Diatomeen waren *Chaetoceros*, *Rhizosolenia* und *Coscinodiscus*, mit 11, 10 und 9 Spezies. *Nitzschia* ist die am häufigsten auftretende Gattung der penaten Diatomeen und war durch 10 Spezies vertreten. Insgesamt wurden 116 Diatomeen zugehörig zur 47 Gattungen bestimmt. Die dominierenden Spezies waren (Tab. 1): *Bacteriastrium hyalinum*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Cylindrotheca closterum*, *Guinardia striata*, *Lauderia annulata*, *Pseudo-nitzschia pungens*, *Skeletonema tropicum*, *Thalassionema frauenfeldii*, *Thalassionema nitzschioides*. Hierbei können *Pseudo-nitzschia pungens* und *Cylindrotheca closterum* toxische Blüten mit Auswirkungen auf die marine Umwelt und den Menschen auslösen.

Die mittlere Zellzahl war  $4,3 \times 10^6 / L$ . Die höchsten Zellzahlen wurden auf Station 371680 ( $32,4 \times 10^6$ ), 371620 ( $26,7 \times 10^6$ ), 371650 ( $18,3 \times 10^6$ ) gefunden, wohingegen die niedrigsten Zahlen auf den Stationen 371700 ( $2,2 \times 10^3$  cells / L) und 371800 ( $9,8 \times 10^3$  cells / L) gezählt wurden. Auf allen Stationen wurden gefunden: *Asteromphalus cleveanus*, *Asterionellopsis glacialis*, *Bacteriastrium hyalinum*, *Bacteriastrium delicatulum*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros densus*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Coscinodiscus oculis – iridis*, *Cylindrotheca closterum*, *Lauderia annulata*, *Nitzschia vidovichi*, *Pseudo-nitzschia pungens*, *Rhizosolenia shrubsolei*, *Skeletonema tropicum*, *Surilella fastuosa*, *Thalassionema frauenfeldii*, *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira eccentrica*.

**Modellierung:** Desweiteren wurde im Rahmen des BMBF-Projektes BEIBU ein dreidimensionales hydrographisches Modell des Beibu Golfes und des ihn umgebenden Südchinesischen Meeres auf Grundlage des Modular Ocean Models (Pacanowski und Griffies, 2000) erstellt. Das Modellgebiet umfasste dabei  $105,5^\circ - 114,5^\circ O$  sowie  $16^\circ - 22,8^\circ N$ . Es wurden die Jahre 2000 bis 2009 simuliert, um die interannuelle Variabilität zu berücksichtigen. Grundlage für die Topographie war der ETOPO1-Datensatz (Amante et al., 2009), der sich aber als fehlerhaft erwies. So konnte die Modellperformance deutlich verbessert werden, als die Bathymetrie an die Echolotmessungen von der FENDOU5 Reise angepasst wurde (s. Abb. 3). Daneben unterscheidet sich ETOPO1 in der Straße von Qiongzhou deutlich von gemessenen Tiefen (vergleiche Abb. 3 bei Shi et al., 2002).

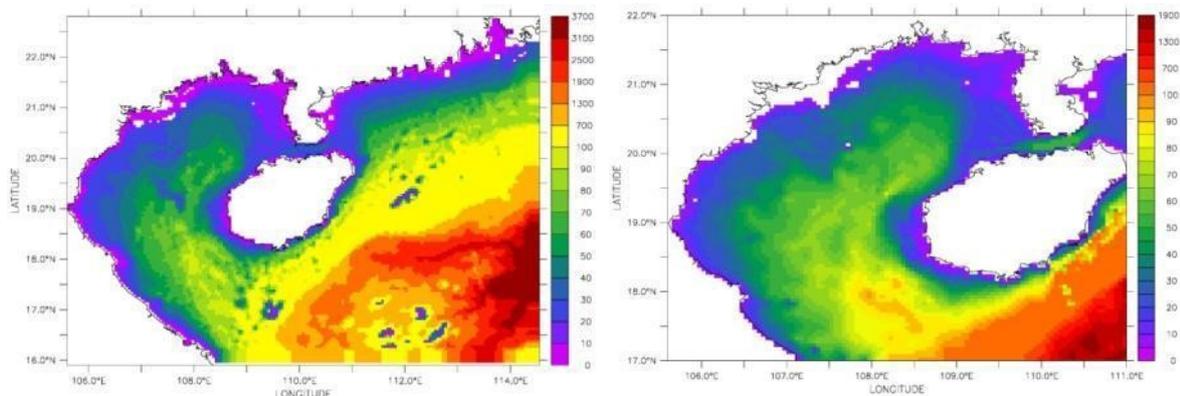


Abb. 3: Vergleich der Modellbathymetrien in Meter (links: ETOPO1-Datensatz, rechts: Topographie unter Berücksichtigung der Echolotdaten unserer Expedition).

Das hydrographische Modell umfasste zwei offene Grenzen im Süden und Osten des Modellgebietes; entlang dieser mussten der Wasserstand sowie die Temperatur- und Salzgehaltsverteilungen vorgegeben werden. Der Wasserstand wurde dabei stündlich aus dem

Tidenmodell FES2004 (Lyard et al., 2006) berechnet, während Temperatur und Salzgehalt aus der monatlichen Klimatologie des World Ocean Atlas (Locarnini et al., 2010, Antonov et al., 2010) stammten. Als atmosphärischer Antrieb (Luft- und Taupunkttemperatur, Luftdruck, Wolkenbedeckung, Niederschlag) wurde ERA40-Interim (Uppala et al. 2005) verwendet. Die Windkomponenten wurden von QuikSCAT (Ebuchi et al., 2002) genutzt, da sie eine deutlich bessere räumliche Auflösung bieten (0,25° anstatt 0,7° bei den ERA40-Werten). Das Modell beinhaltet zwanzig Flüsse, die an der Nordküste bzw. entlang der Küste von Hainan münden. Die wichtigsten sind dabei der Pearl und der Red River, mit einem durchschnittlichen Abfluss von 10.140 m<sup>3</sup>/s (Lu et al., 2009) bzw. 3.640 m<sup>3</sup>/s (Bhakta et al., 2009).

Zur Validierung der Modellergebnisse wurden die Messwerte von der FENDOU5 Fahrt, die in der World Ocean Database verfügbaren Messwerte und Satellitengestützte SSTs verwendet. Die Ergebnisse der Validierung sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Da es mit Ausnahme der SSTs in der Modellregion aber nur Punkt- und keine Langzeitmessungen gibt, wurde die Simulation auch mit Reanalysen wie Simple Ocean Data Assimilation (SODA, Carton and Giese, 2008), das nur Monatsmittelwerte zur Verfügung stellen (Tab. 2), oder Klimatologien wie CARS2009 (Ridgway et al., 2002) verglichen.

Tab. 2: Zusammenfassung der Modellvalidierung mit Messwerten

Vergleichsdatensatz	Zeitraum	Messgröße	Anzahl Messwerte	Korrelation R2
World Ocean Database	2007-2009	Temperatur	12.489	0,97
		Salzgehalt	9.605	0,74
Satellitendaten	2007-2009	SST	5.208.504	0,92
FENDOU5	26.9.-10.10. 2009	Temperatur	2.239	0,78
		Salzgehalt	2.239	0,72
		Strömung	204	0,71
SODA	2000-2008	Temperatur	193.428	0,97
		Salzgehalt	193.428	0,61

Zur Überprüfung des Tidenmodells wurden die Modellwerte mit Tidentabellen (China's maritime books press, 2008) und mit Hilfe von WXTide (<http://wxtide32.com/>) berechneten Vorhersagen verglichen, wobei beide Referenzdatensätze die lokalen Gegebenheiten oder meteorologische Vorkommnisse wie Windstau außer Acht lassen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Bedeutung der Tiden für die Strömungen im Beibu Golf werden offensichtlich, wenn in der Simulation an den offenen Grenzen der Wasserstand konstant auf 0 gesetzt wird. In Abbildung 4 sind die während der FENDOU5-Fahrt gemessenen Strömungen mit Simulationen verglichen, die einmal die Tiden enthielten und einmal nicht.

Ein Ziel des Modells war der Vergleich der typischen hydrographischen Bedingungen im Beibu Golf. Dazu wurde das klimatologische Mittel über den Simulationszeitraum von 2000 bis 2009 für die Monate Januar (NO-Monsun, Trockenzeit) und Juli (S/SW-Monsun, Regenzeit) berechnet. In Abbildung 5 sind die so berechneten Strömungen und Salzgehalte an der Oberfläche und am Boden zu sehen. Deutlich erkennbar sind die unterschiedlichen Salzgehalte, aber auch, dass die Flussfahne des Roten Flusses im Januar entlang der vietnamesischen Küste aus dem Modellgebiet transportiert wird, während sie im Juli in den zentralen Teil des Beibu Golfes transportiert wird. Dabei kommt es in den Sommermonaten zu einem Ausfluss durch die Straße von Qiongzhou, während im Rest des Jahres mehrheitlich durch die Straße Wasser in den Beibu Golf transportiert wird (s. Abb. 5a). Dieser Transport schwächt sich mit zunehmender Tiefe ab, der bodennahe Transport ist immer westwärts, also in den Beibu Golf, gerichtet (Abb. 5b).

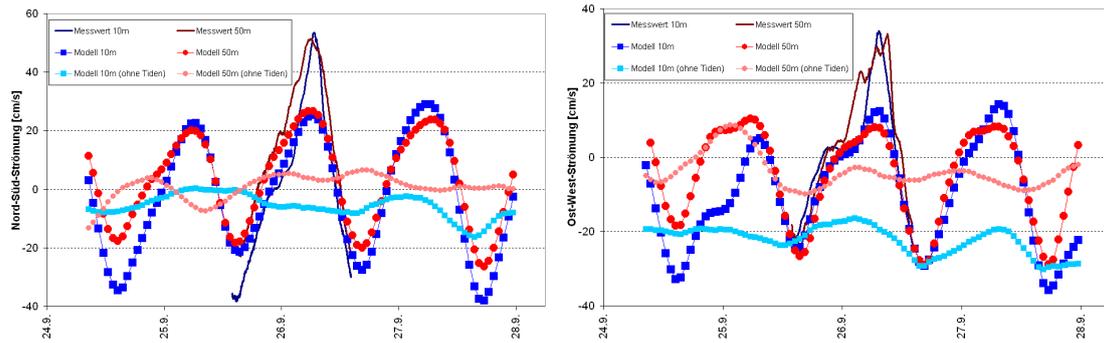


Abb. 4: Vergleich der Strömungsmessungen mit der Simulation – werden die Tiden an den offenen Grenzen vernachlässigt, stimmen die Strömungsmuster nicht mehr.

Tab. 3: Zusammenfassung der Validation des Tidenmodells mit Messwerten.

Vergleichsdatensatz	Zeitraum	Anzahl Stationen	Korrelation $R^2$
WXTide32	1.1.2008 – 31.3.2008	28	0,74
Tidenvorhersage	1.9.2009 – 31.10.2009	9	0,84

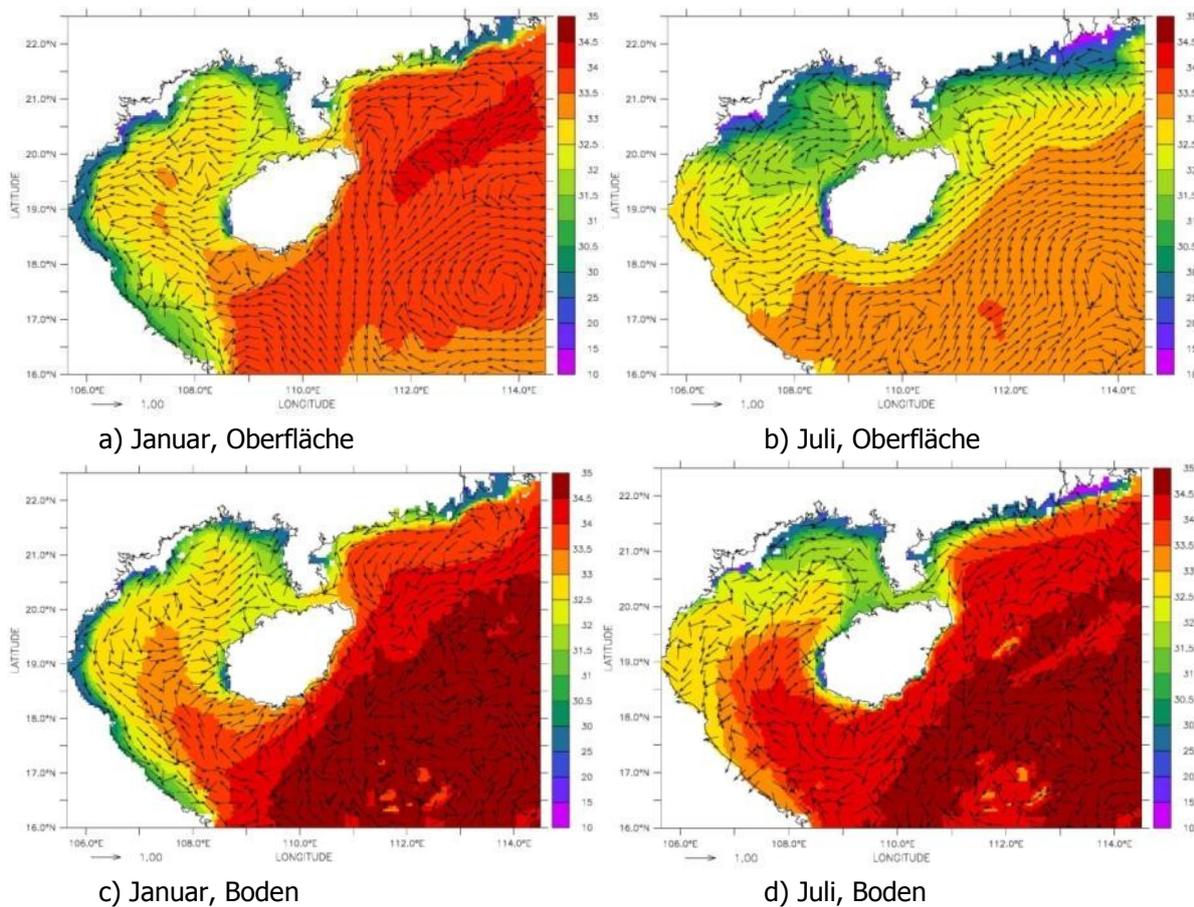
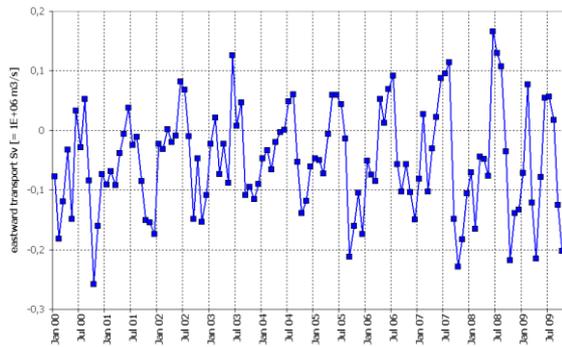
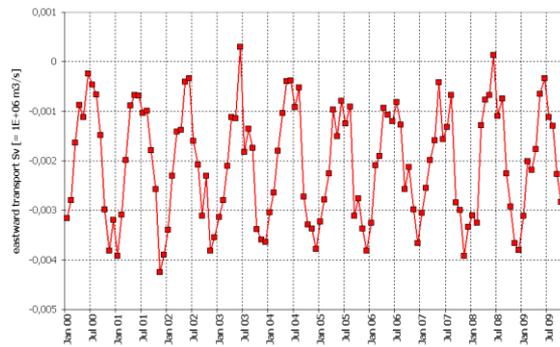


Abb. 5: Vergleich der Salzgehalte und Strömungen an der Oberfläche (obere Zeile) und am Boden (untere Zeile) im klimatologischen Mittel für Januar (linke Spalte) und Juli (rechte Spalte).



a) gesamte Wassersäule



b) am Boden

Abb. 6: Vergleich des monatlich gemittelten Volumentransportes durch die Straße von Qiongzhou entlang 110,2°O (links gemittelt über die gesamte Wassersäule, rechts nur der Transport in der untersten Wasserschicht) – bei beiden ist eine deutliche Saisonalität erkennbar, wobei auffällig ist, dass es im Sommer einen Volumentransport aus dem Beibu Golf gibt, während er am Boden fast immer negativ (also in den Beibu Golf gerichtet) ist.

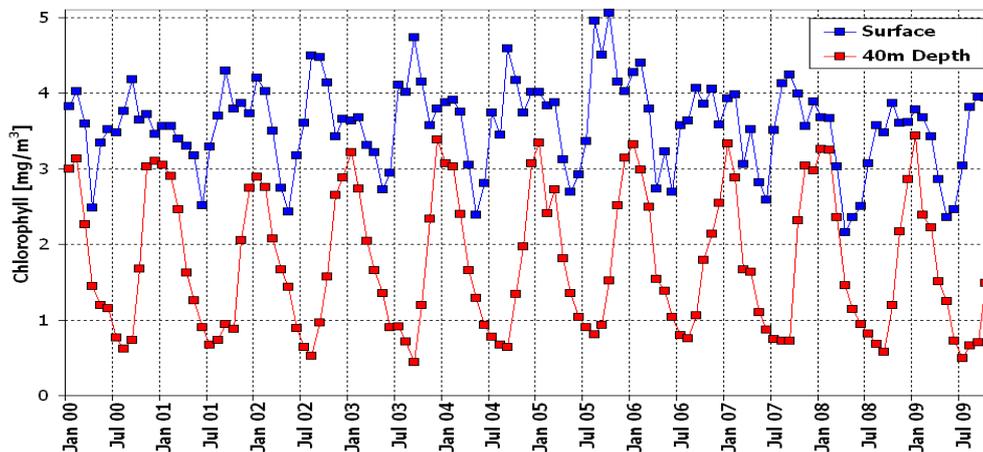


Abb. 7: Vergleich der Chlorophyll-Konzentrationen (monatlich gemittelt) im offenen Beibu Golf (107°-108°O, 18°-20°N) an der Oberfläche (blau) und in 40 Meter Tiefe (rot).

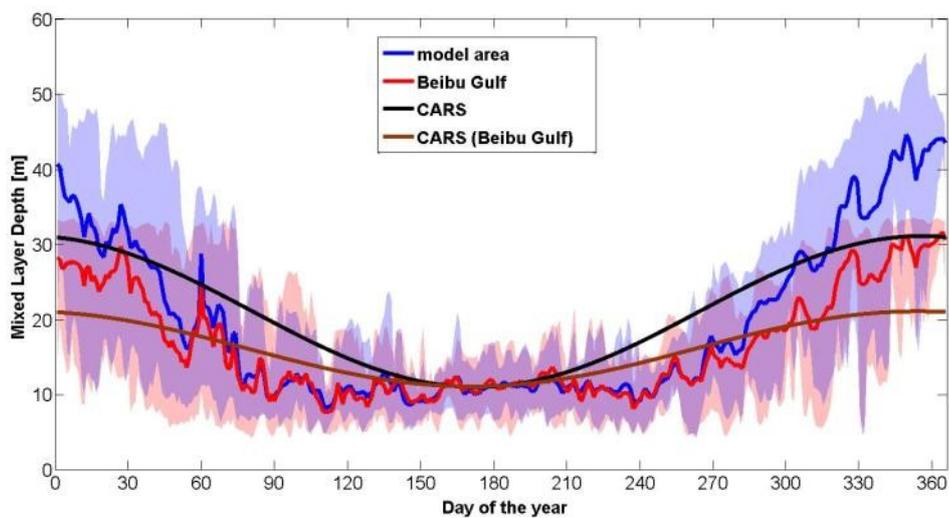


Abb. 8: Das klimatologische Mittel der Durchmischungstiefe zeigt einen deutlichen Jahresgang, der mit dem Validierungsdatensatz CARS gut korrespondiert.

Deutlich erkennbar ist der Jahresgang auch in der Durchmischungstiefe, die im Sommer deutlich geringer als im Rest des Jahres ist. In Abbildung 8 ist ihre Klimatologie zusammen mit den Vergleichswerten von CARS2009 (Ridgway et al., 2002) gezeigt. Das Einrichten und Validieren des hydrografischen Modells war aufgrund der eingeschränkten Datenlage deutlich zeitaufwändiger als geplant. Dies führte dazu, dass das Ökosystemmodell zwar an das hydrografische Modell gekoppelt aber nicht mehr validiert werden konnte. Daher sind die Ergebnisse des Ökosystemmodells (z. B. der Jahresgang des Chlorophylls in Abbildung 7) nicht ohne Weiteres publizierbar. Das Chlorophyll folgt in der Simulation einem jährlichen Zyklus mit den höchsten Oberflächenkonzentrationen im September und Oktober (also am Ende der Regenzeit und damit am Ende der stärksten flussgebundenen Nährstoffeinträge) und einem Tiefenmaximum im Winter, wenn die Durchmischung am stärksten ist (vergleiche Abbildung 8).

Das Modul zum Sedimenttransport konnte aus zeitlichen Gründen nicht mehr eingerichtet werden, stattdessen wurden den anderen Arbeitsgruppen die aus dem Modell berechneten Strömungen in der letzten Schicht über dem Boden zur Verfügung gestellt. Da die Simulationen sehr rechenzeitintensiv waren, konnten sie nur auf einem Hochleistungsrechner durchgeführt werden. Dazu wurde bei dem Norddeutschen Verbund für Hoch- und Höchstleistungsrechnen (HLRN) Rechenzeit im Wert von 38.000 € eingeworben.

**Fernerkundung:** Zielstellung des Themenkomplexes Fernerkundung war die Charakterisierung der Verteilung der Wasseroberflächentemperatur, der Planktonentwicklung, des Küstenabflusses und des Schwebstofftransportes anhand von Satellitendaten in verschiedenen Monsunphasen. Mit Hilfe von synoptischen Satellitendaten in Kombination mit Modellsimulationen sollten die wesentlichen Eigenschaften des Beibu Golfs herausgearbeitet werden. Dazu war der Einsatz von Satellitendaten unterschiedlicher spektraler und räumlicher Auflösung vorgesehen, um auf der Basis von Oberflächentemperatur (SST), Trübung, Chlorophyll und Schwebstoffen die Verteilung unterschiedlicher Wassermassen, die biologische Aktivität und den Schwebstofftransport in Abhängigkeit von Gezeiten- und Monsunphasen zu untersuchen. Das Untersuchungsgebiet war auf den Beibu Golf und die Qiongzhou Straße sowie auf die angrenzenden Gebiete des Südchinesischen Meeres festgelegt. Zur Validation der Satellitendaten und zum Verständnis der aus Satellitendaten extrahierten Strukturen war eine Probenahme auf der FENDOU5 Expedition vorgesehen. Es sollten die optisch wirksamen Wasserinhaltsstoffe und ihre optischen Eigenschaften sowie die Wasserfarbe und die Lichtschwächung in der Wassersäule gemessen werden. Gleichzeitig sollte die Expedition durch aktuelle Satellitendaten begleitet werden. Weiterhin war vorgesehen, Satellitendaten für die Validation von Modellergebnissen zu nutzen.

Der Beibu Golf ist nicht nur ein hoch-dynamisches gezeiten- und monsungetriebenes Seegebiet, sondern wird zusätzlich durch Taifune beeinflusst. Sie sind verbunden mit hohen Windgeschwindigkeiten und starker Bewölkung, die eine Anwendung von Satellitendaten der Wasserfarbe und der Wasseroberflächentemperatur (SST) einschränkt oder sogar verhindert. Dieser Einfluss konnte während der FENDOU5 Expedition beobachtet werden. Informationen über die Wasserfarbe und SST wurden aus Daten der Sensoren MERIS (Envisat), MODIS (Aqua, Terra) und teilweise SPOT erarbeitet. Zusätzlich wurden tägliche TMI (TRMM)- und Quikscat- Daten zur Erfassung der SST und der Windeinflüsse einbezogen. MERIS Produkte wurden mit Hilfe der FENDOU5 Daten validiert. Leider beschränkte sich die Validation auf wenige Inhaltsstoffe, da aufgrund mangelnder Plätze kein Mitarbeiter der Gruppe Fernerkundung an der Expedition teilnehmen konnte, um die geplanten Messungen gezielt durchzuführen. Einige Ergebnisse wurden auf einem MERIS Validationsworkshop 2011 präsentiert. Die Validation der Modellergebnisse erfolgte insbesondere anhand der SST's. Datenreihen verschiedener Sensoren wurden den Modellergebnissen gegenübergestellt. MODIS SST Daten zeigten eine höhere Korrelation mit den

Modelldaten als der TMI-Datensatz, wobei beide Satelliten die größten Abweichungen während des SW Monsuns aufweisen.

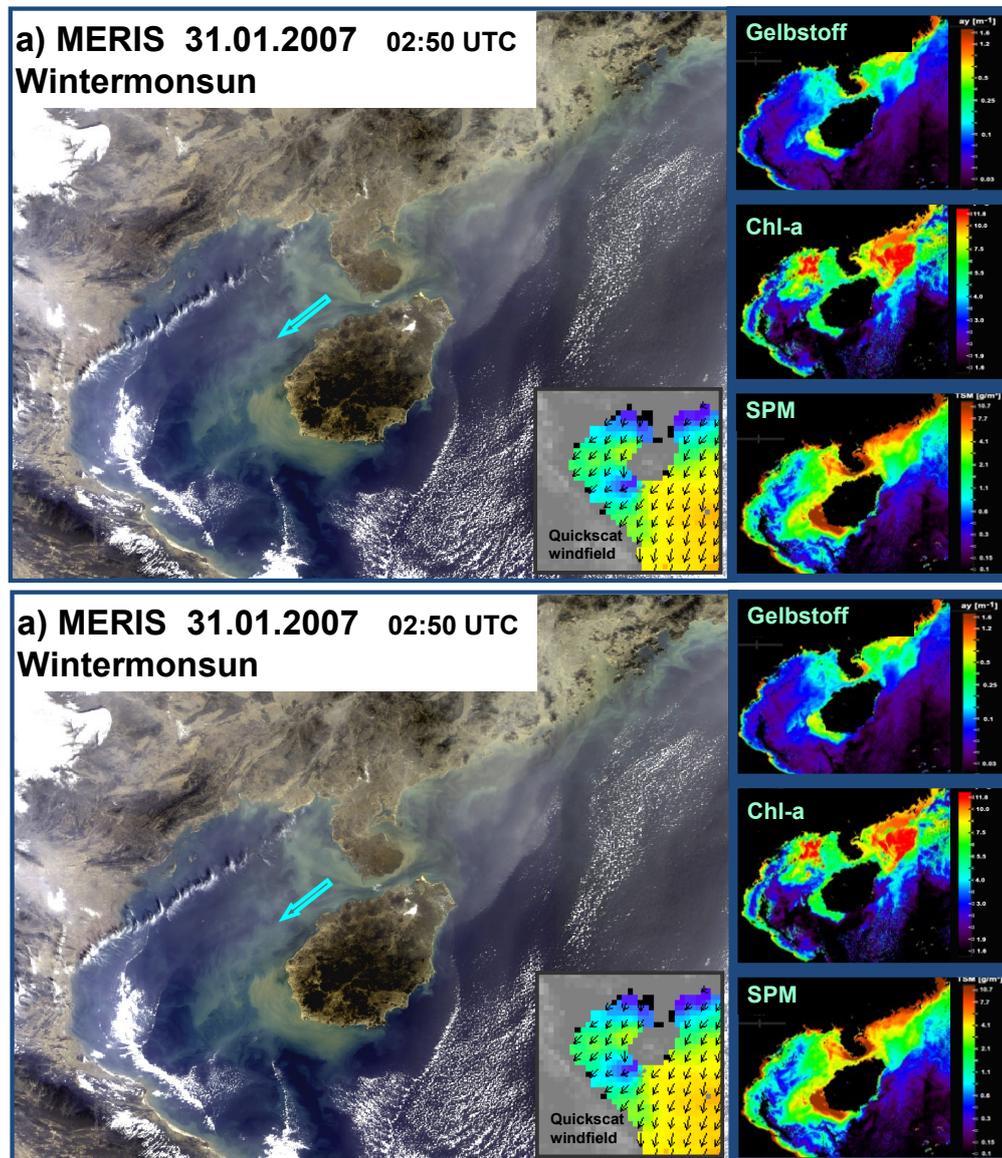


Abb. 9: Echtfarbenbilder des europäischen Satelliten Envisat Meris mit den abgeleiteten Produkten Absorption Gelbstoff (Gelbstoff), Chlorophyll a (Chl a) und Schwebstoff (SPM). Die Produkte wurden mit der Software Visat 4.9.0.1 und Case 2 Water Prozessor abgeleitet. Zur Verdeutlichung der vorherrschenden Windrichtung ist jeweils eine Abbildung des Seewindes eingefügt. a) Szene vom 31.01.2007 während Wintermonsun, b) Szene vom 20.06.2008 während Sommermonsun.

Die Auswirkung des Monsunsystems wurde für die aus Satellitendaten abgeleiteten Größen wie Windrichtung und -geschwindigkeit, Wasseroberflächentemperatur und Niederschlag der Jahre 1998-2011 untersucht. Diese Zeitserie, basierend auf Monatsmitteln, zeigt den Einfluss des Monsunsystems im Beibu Golf mit den saisonalen Charakteristiken, ermöglicht aber auch die Verknüpfung zur globalen Klimavariabilität, insbesondere zum ENSO-Phänomen. Der Sommermonsun (SW Monsun) von Mai bis September ist gekennzeichnet durch hohe Niederschlagsmengen, schwache Winde aus südlichen Richtungen und hohe SST im Mittel um 31-32°C. Der Wintermonsun (NE Monsun) dagegen weist geringe Niederschlagsmengen, Wind aus NE

Richtung mit hohen Windgeschwindigkeiten und SST von 21-22°C auf. Auswirkungen des ENSO-Phänomens auf den Beibu Golf sind eher untergeordnet.

Die jahreszeitliche Richtungsänderung der Wind- und Meeresströmungen beeinflusst die SST und die optischen Eigenschaften des Golfs. Ab Mai wird durch den SW Monsun warmes Wasser in den Golf transportiert. In der wärmsten Phase entsteht Kaltwasserauftrieb nordöstlich der Insel Hainan, was teilweise sogar in den Monatsmitteln auftritt. Während des NE Monsun von Oktober bis April bildet sich ein S-N Gradient, der im Monatsmittel bis zu 8-10°C erreichen kann. Aus Satellitendaten abgeleitete Chlorophyll a Verteilungen zeigen im Winter erhöhte Chlorophyll a Konzentrationen im gesamten Golf. Maxima treten natürlich in den küstennahen Bereichen auf. Im Sommer beschränken sich die erhöhten Gehalte auf die Küstengewässer östlich der Leizhou Halbinsel und der Insel Hainan (Abb. 9). Diese erhöhten Konzentrationen werden durch die Gezeiten hervorgerufen. In situ Chlorophyll a Messungen während der FENDOU5 Expedition 2009 bestätigten diese Verteilungsmuster.

Gelbstoff umfasst die absorbierenden gelösten Substanzen, die vorrangig durch Flüsse eingetragen werden. Sie sind in ihrer optischen Wirkung im gesamten Golf vernachlässigbar. Im Golf treten Gradienten nur sehr küstennah auf. Während des NO Monsuns kann Wasser des Pearl River durch die Quingzhou Straße den Golf erreichen. Im Beibu Golf bestimmen die Schwebstoffe (SPM) die Variation der optischen Eigenschaften, insbesondere verursacht durch die gezeitenbedingten Vermischungsprozesse in den Flachwasserbereichen. Deshalb finden sich die Maxima im gesamten Jahr in den Küstenzonen östlich und westlich der Leizhou Halbinsel und westlich der Insel Hainan. Während des NO Monsuns begünstigt die generelle Zirkulation die Verteilung der Inhaltsstoffe bis in den zentralen Golf hinein. Die geringsten SPM-Gehalte treten in den zentralen Bereichen des Beibu Golfs auf. Insbesondere wird während des SW Monsuns im Sommer klares Wasser des Südchinesischen Meeres in den Golf transportiert. Im Winter reduziert sich das zu einem Streifen im zentralen Bereich. Wie eingangs dargestellt, zogen während der FENDOU5 Expedition 2009 tropische Stürme/ Taifune über den Beibu Golf. Deshalb wurden die Klimaparameter (Niederschlag, Wind, SST) für diesen Zeitraum zeitlich hoch aufgelöst (Tagesmittel) betrachtet. 50 % der in diesem Gebiet auftretenden Taifune ereignen sich im August und September. Insgesamt konnten für die Beibu Golf Region 212 tropische Stürme in den Jahren 1951-2010 detektiert werden ([www.digital-typhoon.org](http://www.digital-typhoon.org)). Taifune verursachen durch hohe Windgeschwindigkeiten eine starke Durchmischung des Wassers. Die Auswirkung auf die bio-optischen Parameter konnte mit Satellitendaten und abgeleiteten Produkten gezeigt werden. So erstreckt sich trübes Wasser über die Küstenregionen hinaus bis in den zentralen Golf. Die Schwebstoffgehalte sind direkt nach dem Taifun erhöht, nehmen nach 2 Tagen wieder ab (Absinken der Schwebstoffe) und regen eine Planktonentwicklung an, was sich in einer Erhöhung des Chlorophyll-a niederschlägt. Weiterhin führt der Taifun zu einer messbaren Abkühlung der Wasseroberfläche hervorgerufen durch intensiven Niederschlag, Bewölkung und Auftrieb von kaltem Wasser aus tieferen Schichten. Für die FENDOU5 Expedition konnte eine Abkühlung der Wasseroberflächentemperatur vom 2°C festgestellt werden. Außerdem hat sich durch den Taifuneinfluss eine Wirbelstruktur vor der Quingzhou Straße ausgebildet.

Während der Expedition SO219 im Dezember 2011 wurden die Verteilung der optisch wirksamen Wasserinhaltsstoffe (Gelbstoff, Schwebstoff, Chlorophyll), ihre inhärenten optischen Eigenschaften sowie die Wirkung auf den Strahlungstransport und die Wasserfarbe untersucht. Sie stellen die Grundlagen für die bio-optische Charakterisierung von Wassermassen sowie für die Interpretation und Validation von Satellitendaten der Wasserfarbe dar. Während der Expedition wurden 49 Stationen bearbeitet, davon 27 Tagesstationen einschließlich Strahlungsmessungen. Anhand von geschöpften Wasserproben wurden das suspendierte Material (SPM), gelöste organische Substanz (Gelbstoff/CDOM) und Chlorophyll (Chl) bestimmt. Dazu wurde die Absorption

des partikulären Materials  $ap(\lambda)$  nach Bricaud & Stramski (1990) bestimmt und die Anteile des Phytoplanktons  $aph(\lambda)$  und Detritus  $ad(\lambda)$  berechnet. Für Strahlungsmessungen an der Oberfläche und in der Wassersäule wurden hyperspektrale RAMSES Radiometer zur Messung der aufwärtsgerichteten Strahlendichte ( $L$ ; Radiance) und der einfallenden Bestrahlungsstärke ( $E$ , Irradiance) im VIS Spektralbereich der deutschen Firma TriOS Messung eingesetzt. Einfache Methoden zur Ermittlung der Transparenz und Wasserfarbe sind die Secchi Scheibe und Forel Skale.

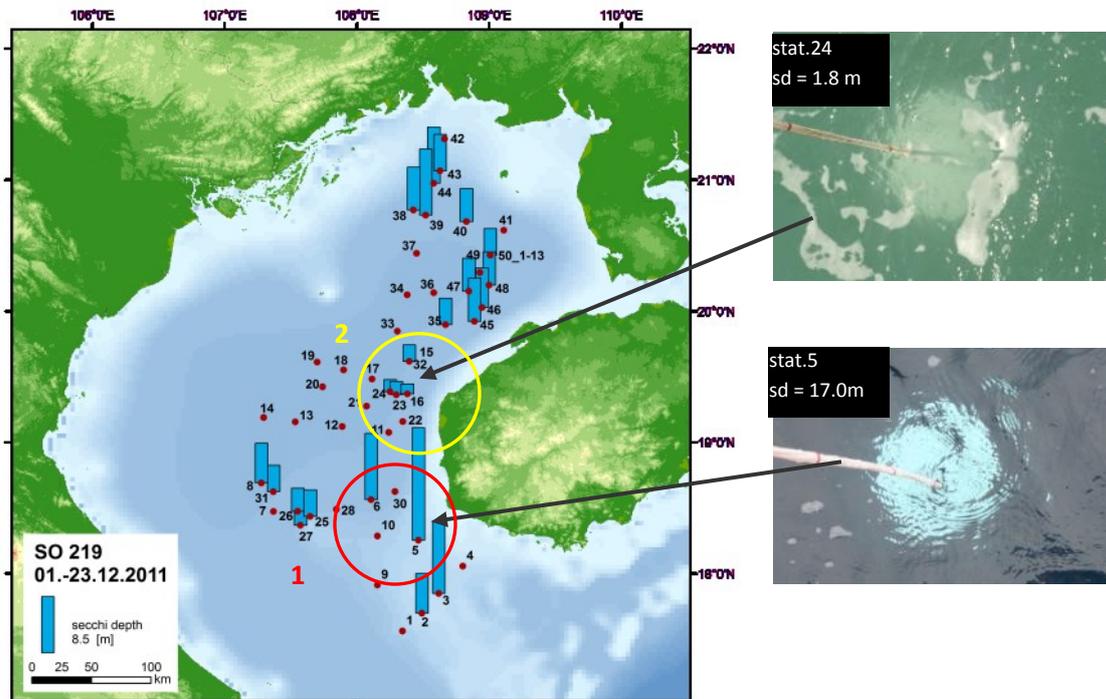


Abb. 10: Stationskarte mit gemessener Sichttiefe und 2 Beispielfotos der Wasserfarbe von 2 unterschiedlichen Wassermassen, Sichttiefe (SD) an Station 24= 1,8 m und 5=17,0 m gemessen am 5. und 12. Dezember 2011.

Dominierende nordöstliche Winde mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von  $8-14 \text{ ms}^{-1}$  waren mit starker und schnell wechselnder Bewölkung verbunden. Der Wind und die Gezeiten bewirken eine Durchmischung des Wasserkörpers und Resuspension von Sedimenten in Flachwasserbereichen. Das führt zu hohen Schwebstofffrachten westlich der Quingzhou Straße, der Halbinsel Leizhou und der Insel Hainan. In den Küstenbereichen wurden hohe SPM Werte zwischen  $5,50$  und  $6,10 \text{ gm}^{-3}$  gemessen. Die geringsten SPM-Gehalte wurden während Flut vor der Quingzhou Strasse und im Südosten des Beibu Golfs bestimmt ( $0,25-0,75 \text{ gm}^{-3}$ ). Das SPM besteht zu einem hohen Anteil aus anorganischen Partikeln und zu einem geringen Teil aus organischem Detritus. Die hohen Konzentrationen verursachen eine starke Veränderung der Wasserfarbe und Transparenz. Die Secchi-Tiefe variiert in klarem Wasser (1) zwischen  $11$  und  $17 \text{ m}$ , im zentralen Golf bei  $6,5 - 8 \text{ m}$  und im küstennahen Bereich bei  $1,5 - 4 \text{ m}$  (2) (Abb. 10). Die Bilder der Secchi Scheibe repräsentieren unterschiedliche Wassermassen und veranschaulichen die Variation der Wasserfarbe. Station 5 vom 5.12. repräsentiert klares, blaues Meerwasser ( $SD = 17 \text{ m}$ ) und Station 24 vom 12.12.2011 trübes grünes Wasser ( $SD = 1,8 \text{ m}$ ) gemessen kurz nach der Springflut. Es besteht eine Korrelation zwischen Secchi-Tiefe und SPM. Das Maximum der spektralen Reflektanz (Wasserfarbe) verschob sich vom blauen bis grünen Spektralbereich aufgrund der Veränderungen in der Konzentration und Zusammensetzung der Inhaltsstoffe. Küstennah wurde eine mittlere Gelbstoffabsorption  $ay(440\text{nm})$  um  $0,10 \text{ m}^{-1}$  gemessen und im zentralen und südöstlichen Golf lagen die Werte  $ay(440)$  bei

0.05-0.075 m<sup>1</sup>. Die wellenlängenabhängige Eindringtiefe des Lichts im Beibu Golf zeigt deutliche Unterschiede. Das reine Meerwasser absorbiert vorrangig das langwellige rote Licht. Die Wasserinhaltsstoffe verändern die optischen Eigenschaften. Die Eindringtiefe des Lichts ist dadurch an der trüben Station nicht nur signifikant geringer sondern das Maximum verschiebt sich von etwa 480 nm auf ca. 570 nm, was durch die selektive Absorption des Planktons und der Gelbstoffe im blauen Spektralbereich bewirkt wird. Die euphotische Schicht ist der Bereich der Wassersäule, in der Sonnenlicht für die Photosynthese zur Verfügung steht. Die untere Grenze ist auch definiert als die Tiefe, in der noch 1% der einfallenden Bestrahlungsstärke vorhanden ist. Die wellenabhängige 1% Tiefe variiert im Klarwasserbereich zwischen ca. 15 m im roten Spektralbereich und 70 m im blauen und im trüben Küstenwasser z.B. zwischen 4 und 8 m. Erste optische Daten wurden auf dem Workshop in Guangzhou im Mai 2012 vorgestellt. Eine detaillierte Auswertung war bisher nicht möglich, da Personalkosten nur bis 30.06.2011 zur Verfügung standen.

## **1.2 TP2(IOW): Sediment-Wasser Austausch: Element- und Schadstoff-Flüsse sowie Transformations-Prozesse**

**Organische Schadstoffe.** Ein Ziel dieses Teilprojektes war die Erhebung der regionalen Verteilung von organischen Schadstoffen im Hinblick auf Quellen und Senken basierend auf Oberflächen-Sedimentanalysen. Für die Suche nach persistenten organischen Schadstoffen standen Oberflächensedimente aus mehreren Beprobungskampagnen (FENDOU5, SO219, Mangroven) zur Verfügung. Im IOW wurden insgesamt 24 Sedimente aus der Beibu Golf Region geprüft (Probenahme in Beibu Golf während FENDOU5-Fahrt, Sept./Okt. 2009, Probenahme in Quinzhou Bay/Beihai Bucht durch GMGS in den Jahren 2004 und 2005). Darüber hinaus wurden 38 Oberflächensedimente aus 2 Mangrovegebieten der Provinz Guangxi (Probenahme: März 2010 durch ZMT, TP4, Abb. 11) getestet. Der Prüfumfang umfasste folgende persistente organische Schadstoffe: 16 PAK, HCB, 24 PCB, pp-DDT, op-DDT, pp-DDD und pp-DDE. Die angewandte Methodik wurde im Zwischenbericht des Forschungsvorhabens näher erläutert. Während der SO219 im Dezember 2011 wurde das Oberflächenwasser auf 7 Schnitten kontinuierlich beprobt sowie Sedimentkerne gezogen. Die vollständige Bearbeitung und Prüfung dieser Proben kann zurzeit mangels Mittel für das Personal nicht intensiv betrieben werden.

Die Kohlenstoffgehalte (TOC-Gehalte) der Sedimente variierten zwischen 0,82 und 2,89 %, wobei Prozentgehalte >1 nur in den Mangrovegebieten auftraten. Die Variabilität dieser Sedimentproben bezüglich des organischen Kohlenstoffgehaltes ist wesentlich geringer als in der Ostsee. Tief liegende Ostseesedimente können bis 10 % TOC enthalten.

Die gemessenen PAK-Konzentrationen lagen zwischen 0,0 und 46,3 µg sum PAK16/g TS. Diese Werte zeigen eine mittlere PAK-Belastung der untersuchten Oberflächensedimente an. Überschreitungen des TEL-Wertes gemäß ASQ (1994) traten in ca. 50 % der Mangrovensedimente für 2-3 ringige PAKs auf (TEL – toxic effect level, ermittelt für benthische Organismen). Der Quotient der auf TOC normierten Sedimentkonzentrationen von leichten (2-3 Ringe) und schweren (4-6 Ringe) PAKs variiert zwischen 0,3 und 6,1 und ist für mehr als die Hälfte der Sedimentproben größer 1. In Abb. 12 ist das Verteilungsmuster dieses Quotienten dargestellt. Sedimentbelastungen mit Quotienten kleiner 0,66 sind pyrogenen Quellen zuordenbar, Werte größer 1,33 weisen auf petrogene PAK-Quellen hin, der mittlere Bereich lässt auf gemischte PAK-Quellen schließen (Morrison & Murphy, 2006). Die küstennahen Oberflächensedimente der Beibu-Region werden überwiegend durch gemischte und petrogene PAK-Quellen beeinflusst, die Sedimente des Beibu Golfes enthalten Verunreinigungen pyrogenen, aber vereinzelt auch eindeutig petrogenen Ursprungs. In Abb. 12 wurden die Ergebnisse aus Sedimenten der Pearlflussmündung aus dem

PECAI-Projekt integriert (Böttcher et al., 2010). Die Perflussregion steht eindeutig unter dem Einfluss pyrogener PAK-Quellen.

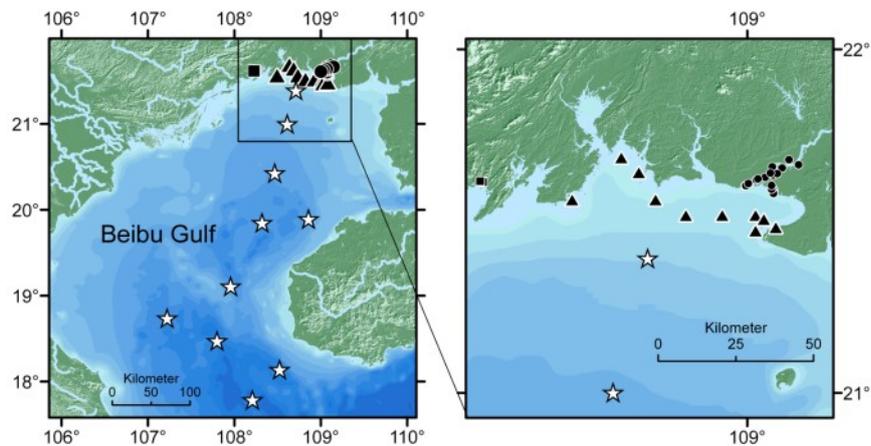


Abb. 11: Die Untersuchungsgebiete in denen Proben zur Bestimmung persistenter organischer Schadstoffe gesammelt wurden.

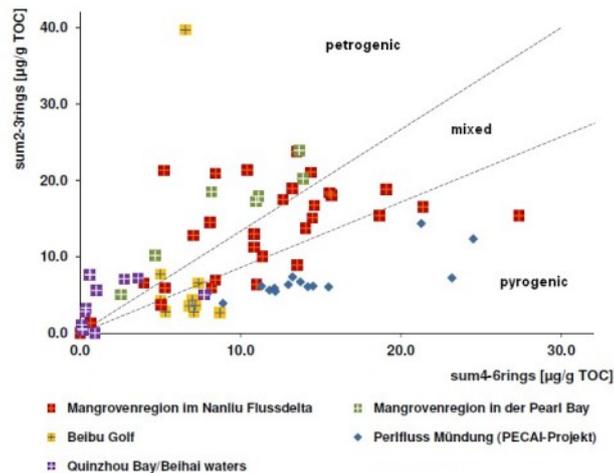


Abb. 12: PAK-Herkunft: Quotient aus sum2-3Ring-PAK/4-6Ring-PAK als Index zur Identifizierung PAK-Quelle (ASQ, 1994).

Hervorzuheben sind die Funde von DDT und seinen Isomeren bzw. Abbauprodukten. Die summierte Sedimentkonzentration dieser Substanzgruppe variierte zwischen 23,7 und 70802,6 pg sum DDX/g TS. Die höchsten Konzentrationen fanden sich in der Region Quinzhou Bay und Beihai Gewässern, gefolgt von dem Mangrovegebiet im Nan Liu Flussdelta. In Golfsedimenten wurden noch mehr als 2000 pg sum DDX/g TS gefunden, der höchste Messwert für pp-DDT lag hier noch bei 1000 pg/g TS. In Ostseesedimenten befindet sich kein pp-DDT mehr, auffindbar ist noch das Abbauprodukt DDE. Die Analysenergebnisse belegen eine DDT-Verwendung im Einzugsgebiet der Probenahmeregionen. Mittels kinetischer Berechnungen unter Verwendung der DDT-Abbau-Daten von Kale et al. (1999) konnte auf das Depositionsalter des gefundenen DDT geschlossen werden. Die DDT-Funde waren größtenteils nicht älter als 2 Jahre, einige nicht älter als 3 Jahre bzw. 1 Jahr (z.B. im Naturschutzgebiet). DDT ist ein hoch wirksames Insektizid. Seit Beginn der 1990iger Jahre wird Schädlingsbefall der Mangrovenbäume in der Provinz Guangxi beobachtet (Wong, 2004). China als Mitglied der Stockholmer Konvention hat die DDT-Verwendung zwecks Malariaphylaxe angezeigt [<http://chm.pops.int/Implementation/Exemptions/AcceptablePurposesDDT/tabid/456/Default.aspx>].

Hexachlorbenzol (HCB) ein in Europa seit den 80iger Jahren verbotenes Fungizid, wurde in Konzentrationen von 0,0– 2128 pg HCB/g TS gemessen (für HCB kein TEL in AQS (1994) publiziert). Zur Stabilität von HCB unter tropischen Bedingungen liegen keine vertrauenswürdigen Daten vor. Gemäß Wang et al. (2010) sind chemische Syntheseprozesse die einzigen HCB-Quellen in China, da es als Pestizid nie angewendet wurde. Vereinzelt Funde an PCBs, beschränkt auf die Spezies PCB 28/31, 52, 44, 110 und 77 traten auf. Der TEL-Wert für die aufsummierten PCB-Konzentrationen, 21,6 µg/kg TS wurde nicht überschritten. Das Einzugsgebiet des Beibu-Golfs ist durch Landwirtschaft geprägt. PCB freisetzende industrielle Prozesse sind offensichtlich nicht bzw. in nur geringem Umfang vorhanden.

Die vorliegenden Ergebnisse geben einen ersten Eindruck von der Verbreitung persistenter organischer Schadstoffe im Beibu Golf und einigen seiner Küstenbereiche. Über POP-Vorkommen in dieser Region wurde bislang unseren Informationen nach nicht publiziert. Die VR China hat im Rahmen ihrer Mitgliedschaft in der Stockholmer Konvention eine Erhebung bezüglich der Umweltbelastung mit Persistenten Organischen Schadstoffen (POPs) durchzuführen. Unsere Ergebnisse leisten hierzu einen wichtigen Beitrag.

**Biogeochemische Element-Transformationen in Wassersäule und Sedimenten des Beibu Golfes.** Auf den deutsch-chinesischen Probenahme-Kampagnen mit FS FENDOU5 (September 2009) und FS SONNE (Dezember 2011) wurden Wassersäulen- und Sedimentproben für biogeochemische Analysen gelöster und partikulärer Haupt- und Spurenelemente sowie stabiler Isotope genommen. Ziel war es, pelagische Elementtransformationen sowie die benthische Remineralisierung von organischem Material und die daran beteiligten Elementkreisläufe zu untersuchen. Wasserproben wurden mit CTD, Sedimente mit Multicorer und Schwerelot genommen und Porenwässer mit Rhizonen gewonnen. Außerdem wurden Tüten- und Kerninkubationen mit ausgewählten Oberflächensedimenten durchgeführt, um die Elementflüsse im Sediment bzw. vom Sediment ins überliegende Bodenwasser zu quantifizieren.

In Kooperation mit dem ZMT Bremen wurden darüber hinaus Porenwässer aus Mangroven- und tidalen Sedimenten der Küstenregion des Beibu-Golfes analysiert, um die Untersuchungen zu den frühdiagenetischen Prozessen im Beibu-Golf zu ergänzen (Kaiser et al., subm).

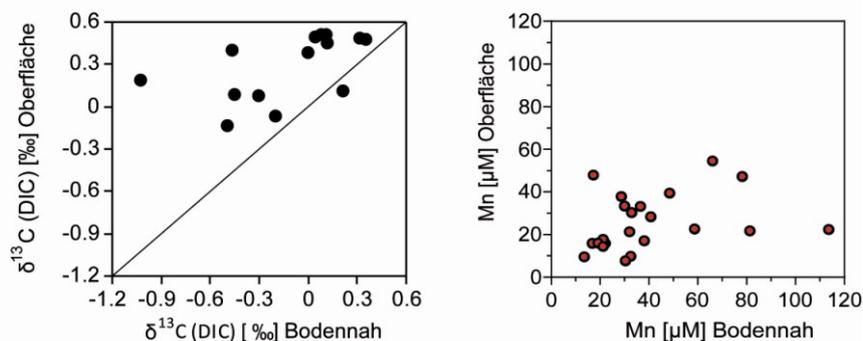


Abb. 13: Korrelationen der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des DIC sowie der Konzentrationen des gelösten Mangans im bodennahen und Oberflächenwasser des Beibu Golfes.

Die Ergebnisse zeigen in der bodennahen Wassersäule eine im Vergleich zum Oberflächenwasser erhöhte Anreicherung leichter Kohlenstoffisotope. Dies weist auf einen bereits in der Wassersäule stattfindenden Abbau marinen organischen Materials (OM) hin, möglicherweise ergänzt durch die Freisetzung isotopisch leichten, gelösten, anorganischen Kohlenstoffs (DIC) aus den Oberflächensedimenten in die darüber liegende Wassersäule. Deutlich höhere Konzentrationen des gelösten Mangans im bodennahen Wasser deuten ebenfalls auf einen

benthisch-pelagischen Stofffluss hin (Abb. 13), der sowohl diffusiv, als auch durch Porenwasser-Advektion oder Sedimentumlagerung stattfinden kann.

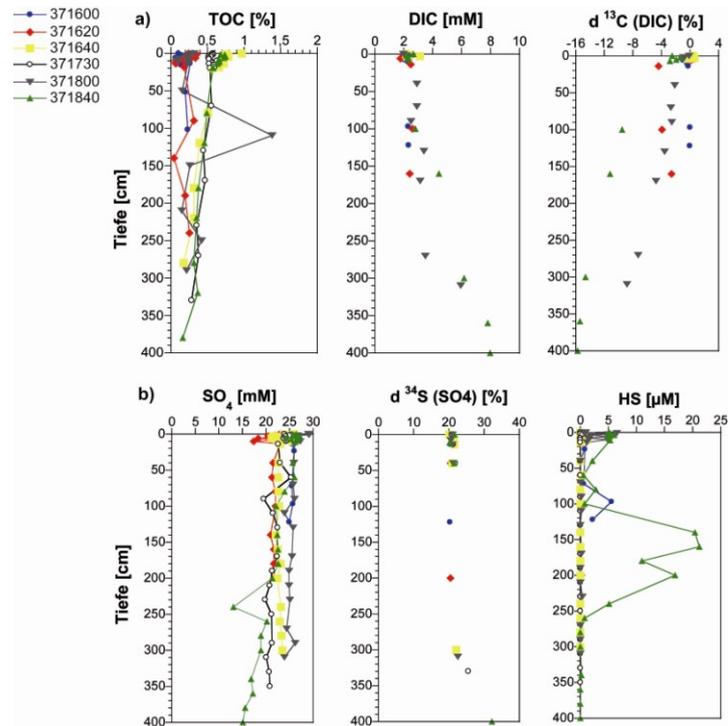


Abb. 14: Vertikale Verteilung des a) gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC), des gelösten anorganischen Kohlenstoffs (DIC) sowie der korrespondierenden  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten des DIC und b) Sulfat,  $\delta^{34}\text{S}$  des Sulfats sowie gelösten Sulfid an ausgewählten Sedimentstationen der FENDOU5 Kampagne.

Die Beibu-Sedimente weisen mit <1% dwt. relativ geringe Gehalte an organischem Kohlenstoff (TOC) auf. Die Remineralisierung des eingetragenen organischen Materials (OM) führt zu einer Zunahme von Metaboliten und zur zunehmenden Akkumulation von isotopisch leichtem DIC mit der Sedimenttiefe (Abb. 14a). Eine Massenbilanz-Kalkulation unter Annahme einer binären Mischung ergab, dass der produzierte DIC aus der Mineralisierung von OM marinen Ursprungs stammt. Netto-Sulfatreduktion spielt dabei anscheinend eine untergeordnete Rolle, da erst mit höherer Sedimenttiefe eine Abnahme der Sulfatkonzentrationen zusammen mit einer Anreicherung von schweren Schwefelisotopen im Residualsulfat festzustellen ist. Die gemessenen Sulfidkonzentrationen sind insgesamt sehr gering und bleiben mit einigen Ausnahmen meistens unterhalb der Nachweisgrenze (Abb. 14b). Anreicherungen des gelösten Eisens und Mangans in den oberflächennahen Porenwässern verdeutlichen den Einfluss der chemischen und möglicherweise untergeordnet mikrobiellen Reduktion von Metalloxiden bei der OM-Remineralisierung und weisen auf eine Reoxidation des gebildeten Sulfids hin (Abb. 15). Die Schwefelisotopenzusammensetzung der sedimentären Sulfide (vor allem Pyrit) weist mit sehr leichten Schwefel-Isotopenwerten bis zu -39 ‰ vs. V-CDT auf die Bildung unter nicht Sulfat-limitierten Bedingungen hin, wie es durch die weiteren Porenwasseranalysen bestätigt wurde. Durch einen Vergleich mit gerade veröffentlichten Daten aus einem brasilianischen tropischen Auftriebsgebiet (Diaz et al., 2012) sind diese Ergebnisse zu erklären durch intensive Reoxidation des mikrobiell gebildeten Sulfids, letzteres möglicherweise entstanden beim Abbau von komplexen organischen Matrices.

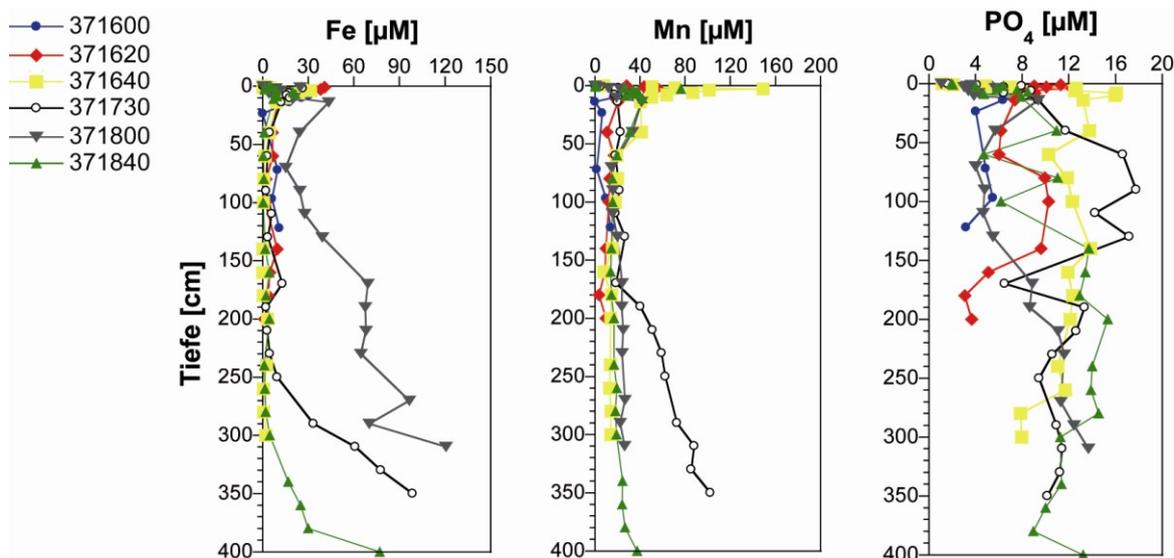


Abb. 15: Porenwasserprofile des gelösten Eisens, Mangans und Phosphats an drei ausgewählten FENDOU5 Stationen.

Die gewonnenen Porenwasserdaten wurden verwendet, um Element-Flussraten mit dem Modellierungs-Programm PROFILE (Berg et al., 1998) zu berechnen und Transformations-Zonen und -Raten zu identifizieren. Die Interpretation der Porenwasser-Konzentrationsverläufe mit PROFILE ergab außerdem bei verschiedenen Sedimenten starke Unterschiede für die Flüsse von Elementen über die Sediment-Wasser-Grenze hinweg. Tabelle 4 fasst ausgewählte Ergebnisse für Kurzerne der SONNE-Ausfahrt zusammen. In den gewählten Beispielen werden gelöstes P und Mn aus den Sedimenten freigesetzt. Diese wiesen ähnliche TOC Gehalte von ca. 0.8 Gew.% auf. Die diffusiven Flüsse aus dem Sediment nehmen mit abnehmenden atomaren C/N-Verhältnissen des OM zu, was auf einen Zusammenhang mit der Qualität des in den Sedimenten verfügbaren OM Hinweis gibt. Die Durchführung einer sequentiellen Sedimentextraktion an ausgewählten Sedimentkernen der FENDOU-Kampagne zeigte, dass das bei der Remineralisation in das Porenwasser freigesetzte Phosphat zum größten Teil als Apatit in den Sedimenten des Beibu-Golfes fixiert wird (Abb. 16; Bauer et al., in Druck).

Tab. 4: Ausgewählte modellierte Flüsse für gelöstes Mn und P, berechnet mit PROFILE aus dem Konzentrationsverlauf in Oberflächensedimenten.

Station	Mn [ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ]	PO <sub>4</sub> [ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ]
SO-06	-10,0	-2,3
SO-08	-14,8	-4,4
SO-23	-4,4	-0,9
SO-38	-34,0	-1,2
SO-47	-40,9	-4,6

Die SONNE-Kampagne beinhaltet zusätzliche Standorte, die deutlicher ausgeprägte frühdiagenetische Abbauprozesse aufweisen, was sich in einer intensiver ablaufenden Netto-Sulfatreduktion mit einhergehender Sulfid-Akkumulation und einer höheren DIC-Freisetzung widerspiegelt (Abb. 17). An zwei Stationen ist zudem eine mögliche Beeinflussung der

diagenetischen Prozesse in den tieferen Sedimentschichten durch Methanogenese und Methanoxidation zu erkennen (Abb. 17b, c).

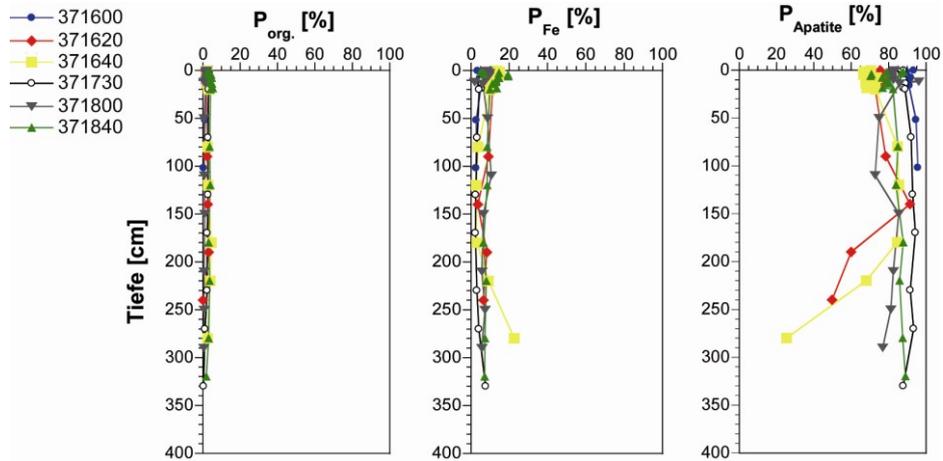


Abb. 16: Vertikalverteilung der relativen Anteile des organisch ( $P_{org}$ ), Eisen- ( $P_{Fe}$ ) sowie Apatit- ( $P_{Apatite}$ ) gebundenen Phosphats an ausgewählten Stationen der FENDOU5 Ausfahrt.

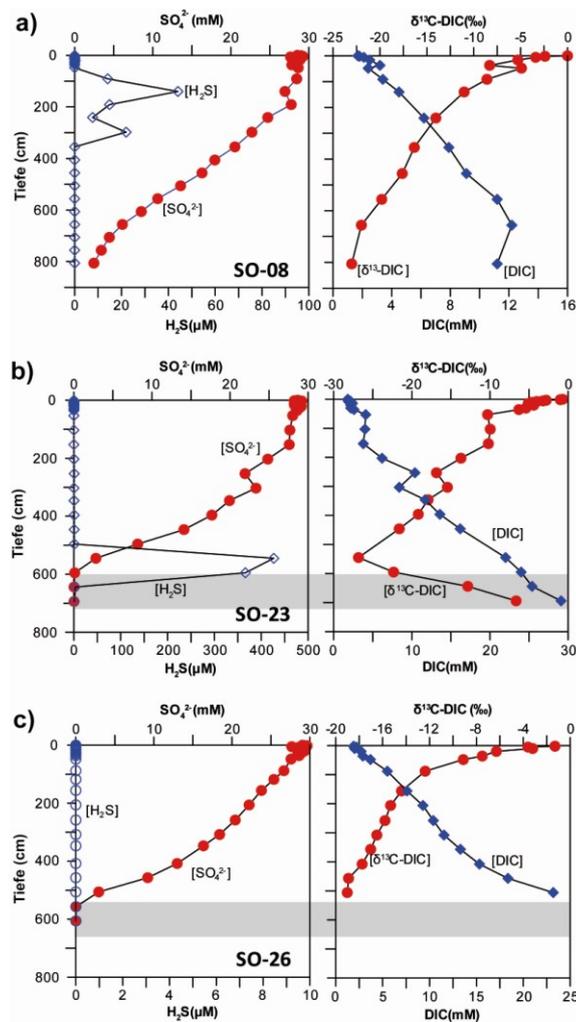


Abb. 17: Porenwasserprofile des gelösten Sulfats, Sulfids und anorganischen Kohlenstoffs (DIC) sowie der korrespondierenden  $\delta^{13}C$ -Werte des DIC an drei ausgewählten Stationen der SONNE-Ausfahrt. Die graue Markierung kennzeichnet die mögliche Sulfat-Methan-Übergangszone im Sediment.

An Bord durchgeführte Inkubationsexperimente mit anoxischen Sedimenten zeigen, dass ein erhöhter Eintrag von leicht abbaubarem OM die Sulfatreduktion und die Bildung von Eisenmonosulfiden stimuliert. Abb. 18 zeigt ausgewählte Verläufe für relevante gelöste Spezies bei der anaeroben Tüten-Inkubation von Oberflächensediment als Funktion der Zeit. Dem Sediment wurden in Parallel-Experimenten organisches Material (in Form von gefriergetrockneten Cyanobakterien),  $Mn(IV)O_2$  oder  $FeOOH$ , sowie in einem weiteren Experiment Na-Molybdat als Inhibitor der Sulfatreduktion beigelegt (z.B. Canfield et al., 1993). Anhand der Verläufe der gelösten Konzentrationen des Sulfats kann gezeigt werden, dass im nicht veränderten Referenz-Sediment, wie auch unter Na-Molybdat und  $FeOOH$ -Zugabe keine signifikante Veränderung auftritt. Bei der Zugabe von  $Mn(IV)$ -Oxiden scheint es zu einer geringfügigen Oxidation von sedimentären Sulfiden gekommen zu sein. Ganz anders aber ist der Verlauf nach Zugabe von leicht abbaubarem OM: Das im Porenwasser gelöste Sulfat wird innerhalb der Versuchslaufzeit nahezu aufgebraucht. Das zeigt, dass in den Sedimenten eine aktive Sulfat-reduzierende Mikroorganismen-Gemeinschaft lebt, und die Sulfatreduktion durch die Verfügbarkeit von metabolisierbarem organischem Material limitiert wird. Für die gelösten Gesamt-Phosphor-Verbindungen (Abb. 18) wurden in den Tüten-Inkubationen leichte Abnahmen in den Referenz-, Na-Molybdat- und  $MnO_2$ -Experimenten beobachtet, möglicherweise durch die langsame Bildung von Apatit in übersättigten Porenwässern. Darüber hinaus führt der Zusatz von  $MnO_2$  zur Oxidation von gelöstem Fe und reduzierten Fe-Sulfiden und kann dadurch die Substratgrundlage für die Sorption von Phosphat erhöhen. Vergleichbare Prozesse sind bei der Einarbeitung von Mn-Oxiden in die Oberflächensedimente zu erwarten. Während die Zugabe von  $FeOOH$  zu einer sorptiven Fixierung des gelösten Phosphats führte, fand eine signifikante Akkumulation von gelöstem P nach Zugabe von OM statt, was einerseits auf die Freisetzung aus der organischen Bindung zurückzuführen ist und andererseits auf die reduktive Auflösung von Fe-Oxiden als Sorptions-Substrat für Phosphat. Vergleichbare Resultate ergaben sich für die Stationen 8 und 35. Desweiteren wurden Inkubationen zur Freisetzung von Elementen aus intakten Kernen von Oberflächensedimenten durchgeführt.

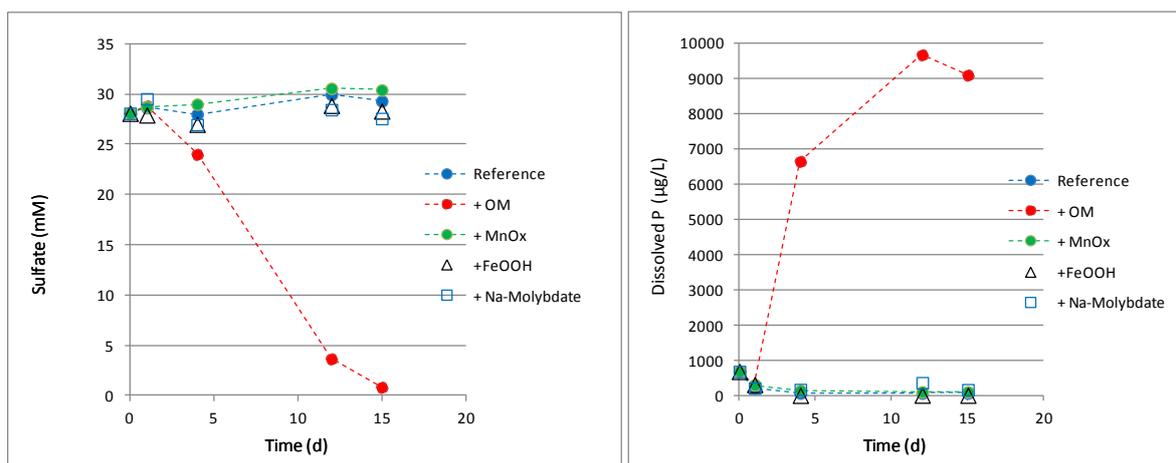


Abb. 18: Zeitliche Änderungen der gelösten Sulfat- und Phosphatkonzentrationen bei der anaeroben Inkubation von Oberflächensedimenten der Station 2 (SO219) bei unterschiedlichen Inkubationsbedingungen.

Die Auswertung der Porenwasseranalysen sowie der Inkubationsexperimente verdeutlicht, dass die Elementtransformationen sowie die mikrobielle Aktivität in den Sedimenten des Untersuchungsgebiets durch die Zufuhr und Qualität von OM limitiert werden. Neben der Kontrolle

des Eintrages durch die Sedimentationsbedingungen (z.B., Rate, Resuspension) geben die Analysen Hinweise auf einen effizienten Abbau von DOC und POC in der Wassersäule.

### 1.3 TP3(IOW): Sedimente des Beibu-Golfs als Indikatoren für Klima- und Umweltwandel während des Holozäns

**Untersuchungen an Schwebstoffen (suspendiertes partikuläres Material) aus dem Beibu-Golf mittels Raster-Elektronenmikroskopie und Röntgen-Mikroanalytik.** Die Proben wurden überwiegend während der Reise FENDOU5 im September 2009 und ergänzend während der SONNE-Reise im Dezember 2011 gewonnen und im IOW analysiert.

Die Probenahme aus der Wassersäule erfolgte mittels einer Pump-CTD von Bord des Schiffes, wobei auf jeder Station ca. 0,5 bis 1 Liter Seewasser aus der Oberflächenschicht und aus dem Tiefenwasser unmittelbar über 0,45 µm Nukleopor-Filter filtriert wurden. Die Proben wurden mit Aqua-Dest gespült, um das Salz auszuwaschen und anschließend eingefroren. Auf den gleichen Stationen wurden auch Multi-Corer Sedimentproben gewonnen, von denen jeweils eine kleine Menge von der Oberfläche abgenommen, suspendiert und ebenfalls filtriert wurde. Somit standen 3 Probenserien zur Verfügung, welche die „Horizonte“ Oberflächenwasser, Tiefenwasser und Sediment repräsentieren. Zusätzlich wurden Proben aus dem Pearl Fluss-Ästuar und aus dem Roten Fluss Delta in die Untersuchungen einbezogen, um einen Vergleich zu dem Material wichtiger Festlandszuflüsse zu bekommen. Die folgende Abbildung 19 zeigt das Untersuchungsgebiet und die beprobten Stationen.

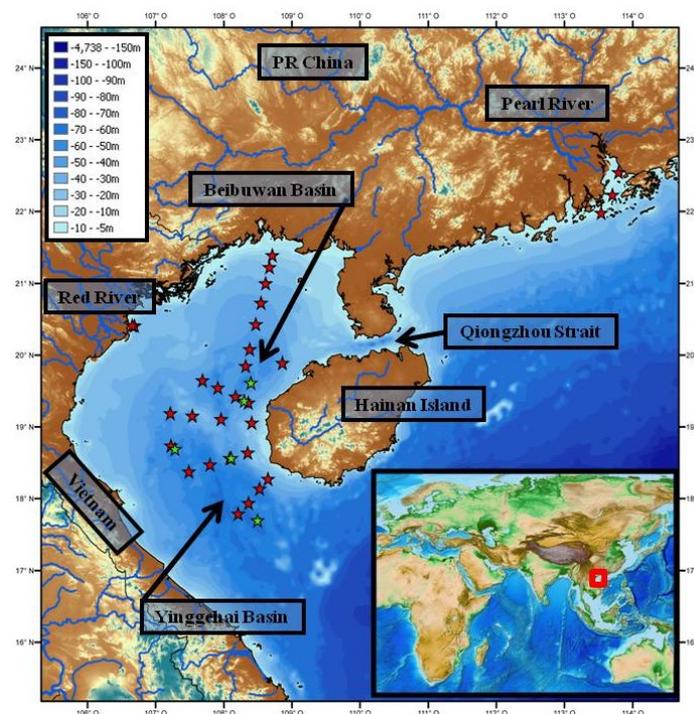


Abb. 19: Beibu-Golf (Südchinesisches Meer) mit den Probenahme-Stationen für SPM (SO219, grüne Sterne & FENDOU5, rot Sterne).

Die Analytik (REM-EDX) erfolgte nach einem standardisierten, automatischen Verfahren wobei für jede Probe ca. 3000 Einzelpartikel auf 12 Elemente (Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe) analysiert werden. Mit Hilfe einer „Maske“ werden die Elementgehalte für jedes Partikel hinsichtlich definierter Grenzwerte überprüft und die Partikel bestimmten Mineralen (bzw.

Partikelgruppen) zugeordnet. Somit kann die relative Häufigkeit von mehr als 20 Mineralen für jede Probe ermittelt werden. Hierzu zählen: Quarz, Opal, drei Feldspäte, fünf Tonminerale, Karbonate und eine Reihe seltener Minerale.

Die analysierten Minerale lassen sich folgenden Gruppen zuordnen: Biogene Bildungen (Skelett-Opal; kalkschalige Organismenreste und Chitin-artige organische Reste). Minerale terrestrischen Ursprungs (Tonminerale, Feldspäte, Schwerminerale) und frühdiagenetische Neubildungen (Pyrit, Baryt sowie seltene Phosphate und Oxyde von reaktivem Fe und Mn).

In der Häufigkeit treten die wichtigsten Minerale etwa in folgender Reihe auf: Tonminerale (59,6%), biogener Opal (16,2%), Feldspäte (7,2%), Quarz (5,8%), resistente organische Substanz (5,8%), Titan-Minerale (2,7%), Calcit (1,5%). Zur Veranschaulichung der regionalen Verteilung der biogenen Phasen im SPM des Oberflächenwassers dient Abbildung 20. Opal stammt überwiegend von Diatomeen-Skeletten, Coccolithophoriden sind die Hauptproduzenten biogenen Calcites und Dinoflagellaten bilden organische Hüllen (von links nach rechts). Ob die Verteilungsmuster der Organismengruppen Gradienten der Nährstoffe und/oder des Salzgehaltes widerspiegeln, kann nur vermutet werden. Die messbaren Unterschiede der Parameter im Oberflächenwasser sind nur gering wegen der starken Durchmischung bzw. Gezeitenströmung.

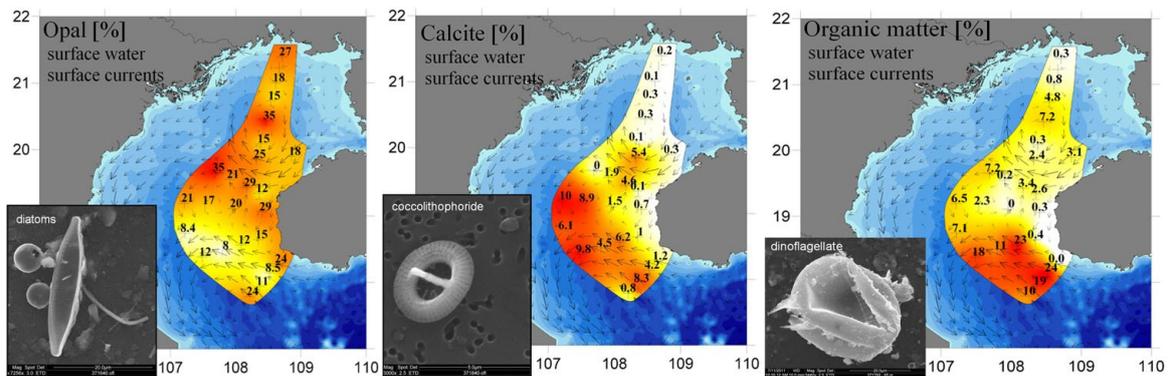


Abb. 20: Verteilung der biogenen Phasen im SPM des Oberflächenwassers im Beibu Golf.

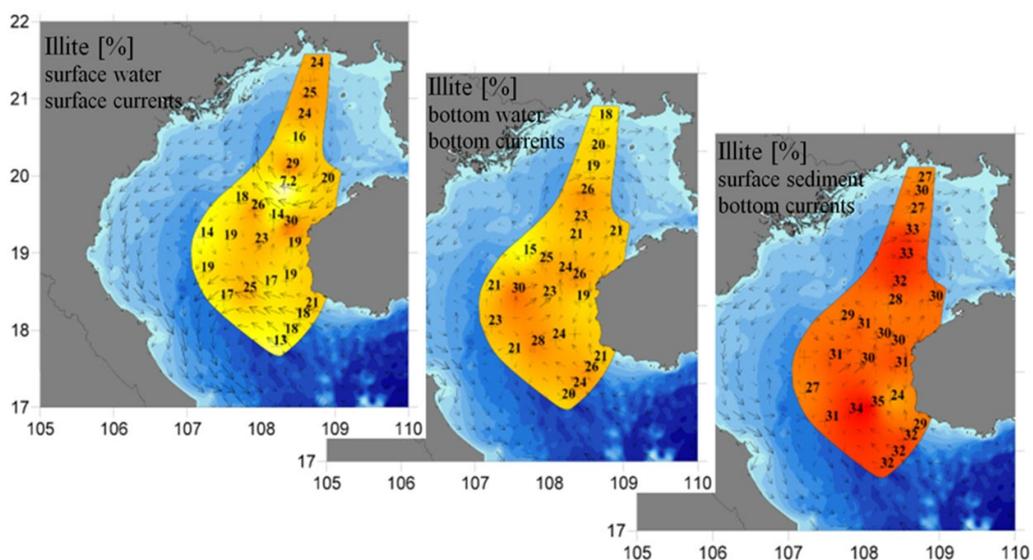


Abb. 21: Regionale Verteilung von Illit auf den drei analysierten „Horizonten“ Oberflächenwasser, Tiefenwasser und Sediment.

Unter den Tonmineralen ist das Dreischichtsilikat Illit (bzw. Illit-Wechselagerungsminerale) von Bedeutung, weil es in Verbindung mit biogenen Exopolymeren zur Aggregatbildung neigt und damit schneller sedimentiert. Abbildung 21 zeigt die regionale Verteilung dieses Minerals auf den drei analysierten „Horizonten“ Oberflächenwasser, Tiefenwasser und Sediment mit den dazugehörigen Strömungsmustern. Deutlich zu erkennen ist die Zunahme der relativen Häufigkeit dieses Minerals mit der Tiefe. Eine regionale Differenzierung, welche auf bestimmte Transportwege schließen lässt, ist dagegen nicht erkennbar. Abbildung 22 zeigt ein Illit-Korn (links) mit „klebrigen“ Fäden von Exopolymeren und ein Aggregat verschiedener Mineralkörner (rechts).

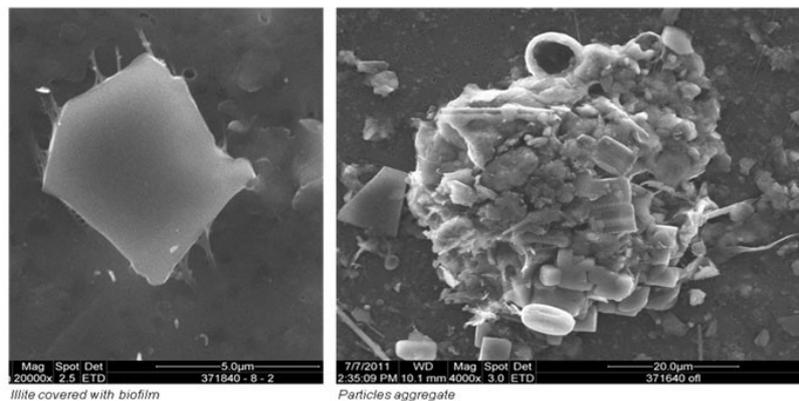


Abb. 22: REM-Aufnahme eines Illit-Korns (links) und Mineralaggregats (rechts).

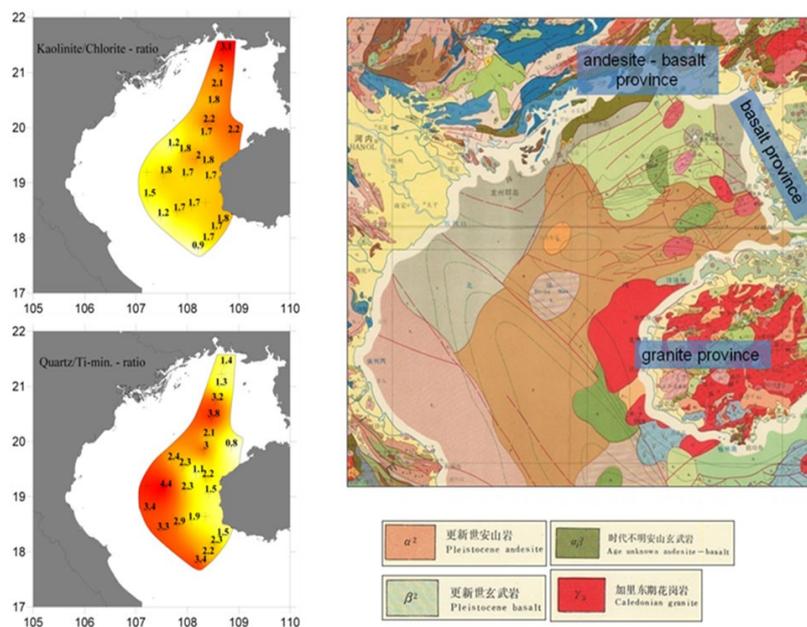


Abb. 23: Verteilung des Verhältnisses von Kaolinit/Chlorit und Quarz/Ti-Mineralen (links) und ein Ausschnitt der geologischen Karte des Beibu Golfes (rechts) aus Liansheng and Bangyan (1987).

Zur Einschätzung dominanter Transportwege suspendierten Materials kann als Beispiel die Verteilung des Verhältnisses zweier Tonminerale (Kaolinit/Chlorit) sowie das Verhältnis Quarz/Ti-Mineralen herangezogen werden. Das Kaolinit/Chlorit-Verhältnis wird hauptsächlich durch die Kaolinit-reichen Schwebstoffeinträge aus dem Norden (Hinterland) über die Flüsse bestimmt, auch von Osten über die Straße von Hainan. Das Quarz/Titanmineral-Verhältnis steht auch für die Separation von Mineralen unterschiedlicher Dichte bei gleicher Korngröße. Der leichtere Quarz wird weiter auf das offene Meer transportiert, obwohl beide Minerale von den Verwitterungsprodukten

der Granitprovinz der Insel Hainan stammen. Zum Vergleich der geologischen „Rahmenbedingungen“ ist das Vorkommen wichtiger Gesteinsarten des Grundgebirges in Abbildung 23 dargestellt.

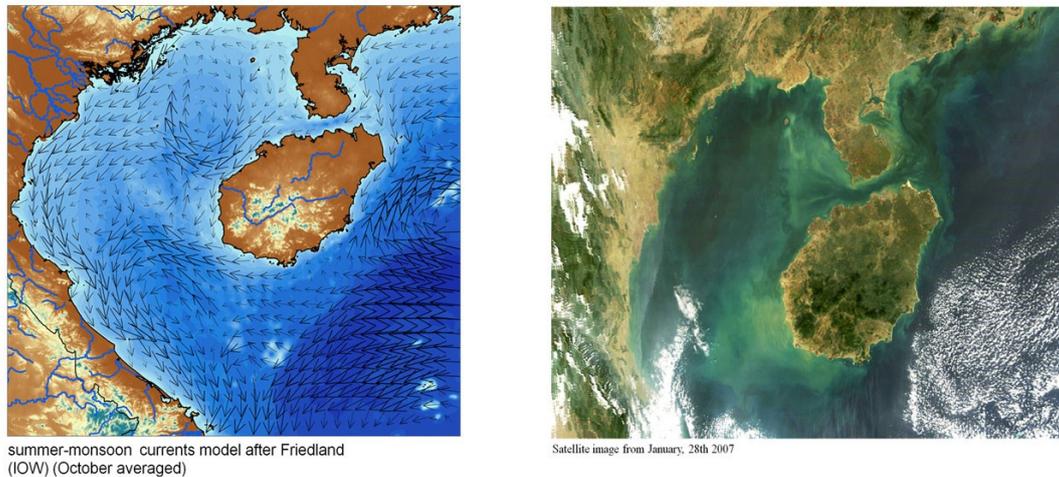


Abb. 24: Momentaufnahme (Computer-Modell) der Strömungssituation für den Monat Oktober (links) und Satellitenaufnahme des Beibu-Golfes (rechts).

Schließlich können die gezeigten Verteilungsmuster ausgewählter Komponenten der Schwebstoffe in das generelle Bild der Strömungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet eingeordnet werden (Abb. 24). Auch Satellitenbilder können zumindest für die Oberflächenschicht des Wasserkörpers sehr hilfreich sein, da hier die Schwebstoff-Verteilung sichtbar ist. Hier kann die Trübefahne (Fächer) westlich der Straße von Hainan und im Seegebiet südwestlich der Insel Hainan deutlich erkannt werden (Abb. 24).

**Entwicklung eines seismo-stratigraphischen Konzepts Holozäner Sedimente des Beibu-Golfs als Ergebnis des Wechselspiels von Meeresspiegeländerungen und tektonischen Prozessen.** Während der Schiffsexpeditionen FENDOU5 und SO219 wurden umfangreiche seismo-akustische Profilmessungen mit hochauflösenden parametrischen Sedimentecholoten SES2000Medium und Parasound sowie einer chinesischen, einkanaligen Sparker-Flachseismik Anlage durchgeführt, um die Strukturen und Eigenschaften der Sedimente effektiv zu erfassen. An ausgewählten Stationen wurden Sedimentkerne gewonnen, deren Analyseergebnisse die Voraussetzung für die Interpretation der akustischen Daten ist.

Das realisierte Profil- und Stationsnetz ist, bedingt durch die restriktive Genehmigungspolitik der zuständigen Organe des Projektpartners, nicht optimal gewesen. Es ist jedoch genügend Material vorhanden, um die marine Transgressionsgeschichte im chinesischen Teil des Beibu-Golfs zu rekonstruieren.

Grundlage für die Lösung vieler Aufgaben ist eine zuverlässige Bathymetrie. Ein Vergleich der akustisch bestimmten Wassertiefendaten mit dem für den Beibu-Golf verfügbaren digitalen topographischen Datensatz ETOPO1, zeigte dass dieser offensichtlich fehlerhaft ist. Aus diesem Grund wurde ein neuer digitaler Datensatz erzeugt (Abb. 25).

Der markante Unterschied besteht in dem Fehlen der Schwelle im linken Bild im mittleren Teil des Golfs, der den nördlichen und südlichen Teil des Beckens trennt. Dieses Ergebnis ist insbesondere für die Modellierung der Hydrographie von großer Bedeutung. Auf der Basis der vorliegenden

sediment-akustischen Profile konnte eine Regionalisierung der Ablagerungsbereiche an Hand der akustischen Fazies vorgenommen werden (Abb. 26).

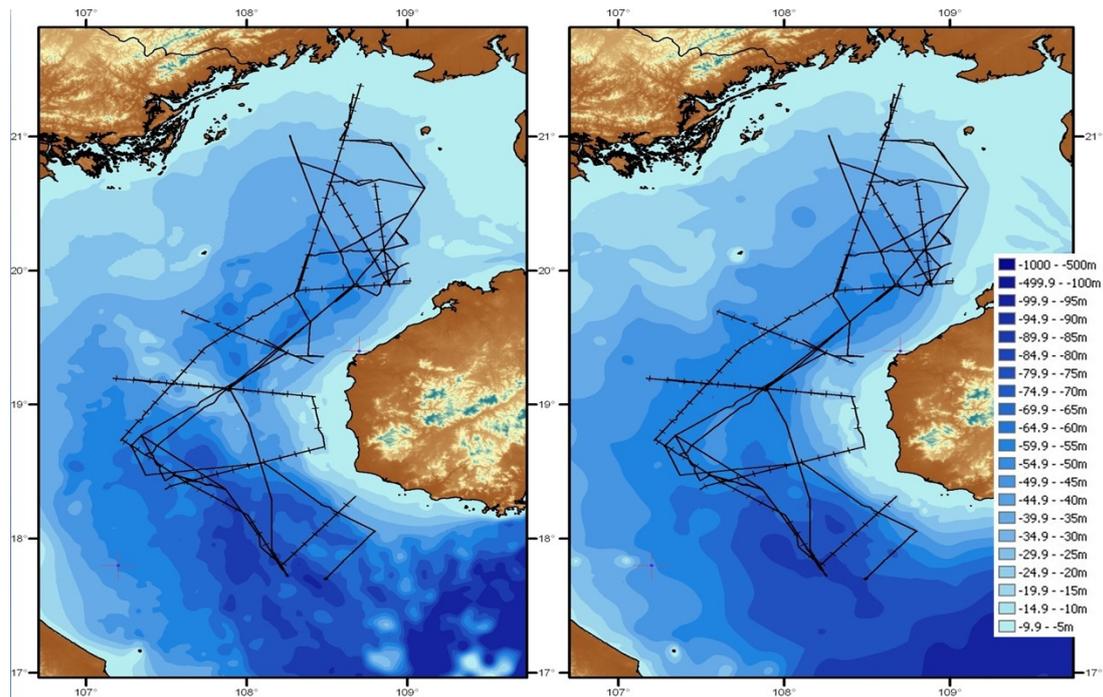


Abb. 25: Bathymetrie des Beibu-Golfs, links ETOPO1, rechts neuer, vorzugsweise aus Ergebnissen der Expeditionen FENDOU5 und SO219 erstellter Datensatz. Das eingezeichnete Liniennetz gibt den Profilverlauf der FENDOU5 und SO219 Expeditionen wieder.

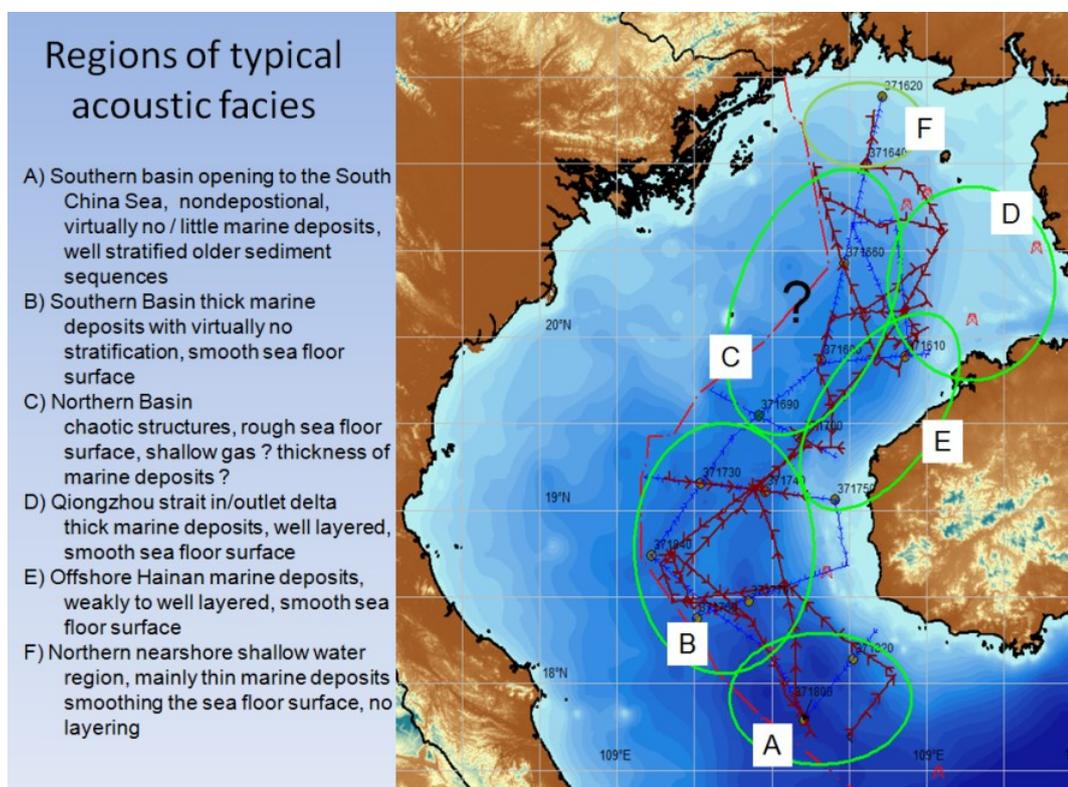


Abb. 26: Bereiche mit typischen akustischen Fazies im Beibu Golf (in Blau Profillinien der FENDOU5 Reise, in Rot Profillinien der SO219 Reise).

Es zeigte sich, dass am südöstlichen Ausgang des Beckens (Abb. 26, Bereich A) der Seeboden aus erodierten, älteren, deutlich geschichteten Sedimentabfolgen besteht und nur in einzelnen Bereichen marine Ablagerungen mit geringen Mächtigkeit zu finden sind (Abb. 27).

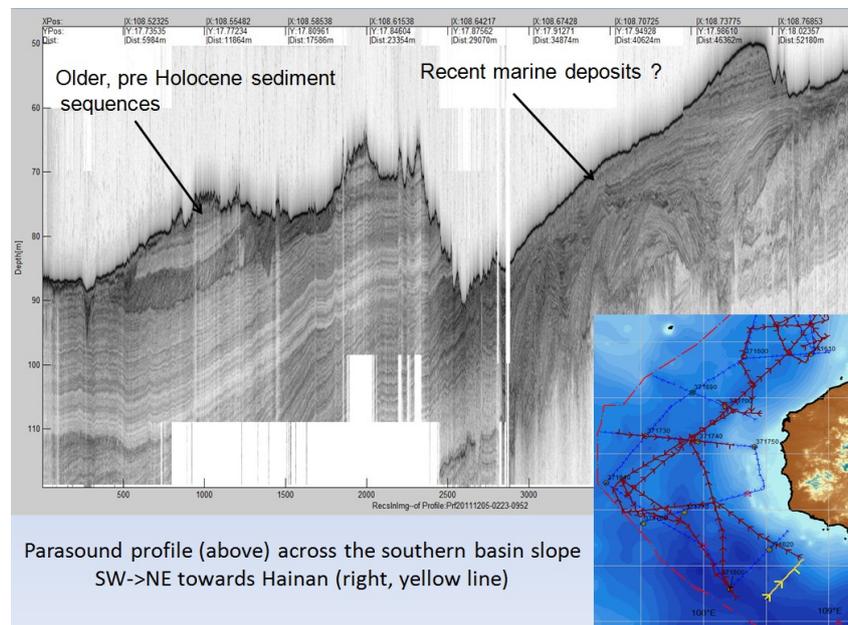


Abb. 27: Parasound Profil mit deutlich geschichteten, prä-marinen Sedimentabfolgen im südöstlichen Teil des Arbeitsgebietes. Die Lage des Profils ist im rechten unteren Teil als gelbe Linie mit Pfeilen in Profilrichtung dargestellt.

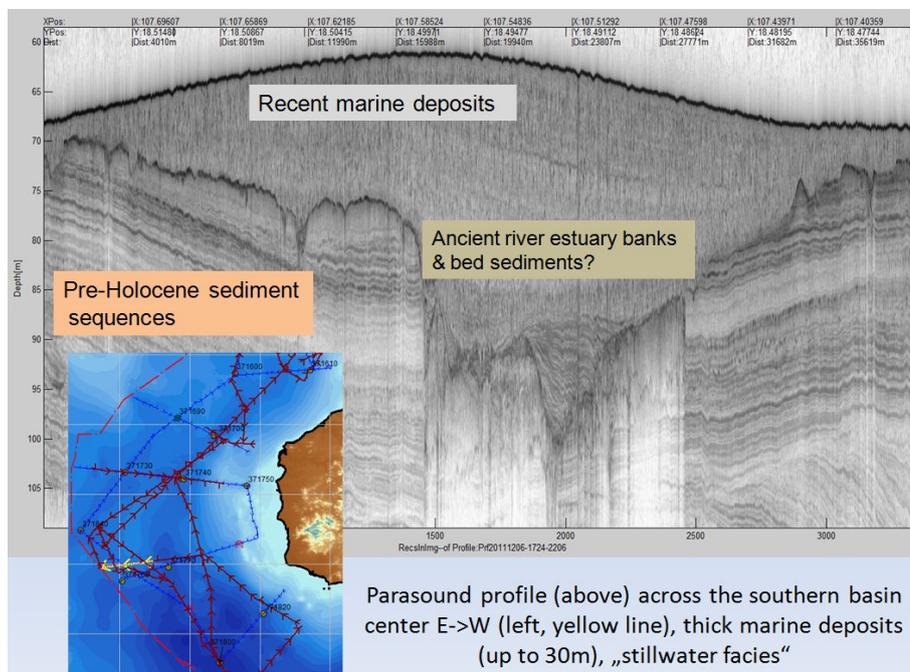


Abb. 28: Parasound Profil mit bis über 30m mächtigen marinen Ablagerungen im zentralen Bereich des Beibu-Golfes. Die Lage des Profils ist im linken unteren Teil als gelbe Linie mit Pfeilen in Profilrichtung dargestellt.

Im zentralen Bereich des Beckens (Abb. 26, Bereich B) sind dagegen bis über 30 m mächtige marine, akustisch nahezu transparente Ablagerungen anzutreffen (Abb. 28). Dieser Sedimentkörper

erstreckt sich weiter in nördliche Richtung. Weiterhin wurden am östlichen Beckenrand (Abb. 26, Bereich E) größere marine, sandige Sedimente gefunden, die insbesondere am Ausgang der Qiongzhou Strasse (Abb. 26, Bereich D) deutlich geschichtet sind und sich von dort sowohl nach Norden als auch nach Süden erstrecken. Der Seeboden des nördlichen Beckens (Abb. 26, Bereich C) ist sehr stark gegliedert mit geringmächtigen marinen Ablagerungen. Die Interpretation der Aufzeichnungen in diesem Bereich ist außerordentlich kompliziert und erfordert eine bessere Datenbasis aus Kerndaten, insbesondere den längeren Schwerelotkernen der SO219 Expedition.

Die Arbeiten werden auch nach dem offiziellen Ende des Vorhabens weitergeführt und konzentrieren sich gegenwärtig auf die Interpretation der akustischen Daten unter Einbeziehung der SO219-Kernergebnisse. Dabei spielt die Identifizierung des marinen Transgressionshorizontes sowohl in den akustischen als auch in den Kerndaten eine zentrale Rolle. Ziel ist die Rekonstruktion der marinen Transgressionsgeschichte im chinesischen Teil des Beibu Golfs. Die vorliegende Datenbasis ermöglicht die Erstellung entsprechender Karten zu Sediment-Mächtigkeit, Paläo-Topographie und Flussverläufen. Die Einbeziehung weiterer seismo-akustischer Daten und Kernergebnisse der chinesischen Partner wurde auf dem letzten Beibu-Workshop in Guangzhou vereinbart, steht jedoch noch aus. Es wird eingeschätzt, dass etwa Mitte 2013 die Arbeiten abgeschlossen werden können und die Ergebnisse in entsprechende Publikationen (s.u.) eingehen.

Grundlage für die Interpretation der seismo-akustischen Profile sind die aus den Kernanalysen abgeleiteten stratigraphische Ansätze sowie geoakustische Modelle, die die Zuordnung der Kerndaten in die akustischen Profilschnitte ermöglichen. Dabei sind Schallgeschwindigkeit und Rohdichte entscheidende Parameter. Bedingt durch den langen Transport des Probenmaterials kam es zu Störungen des Originalzustandes, insbesondere Verlust von Porenwasser. Das führte zu Ausfällen in den Kernlogging-Daten (Abb. 29).

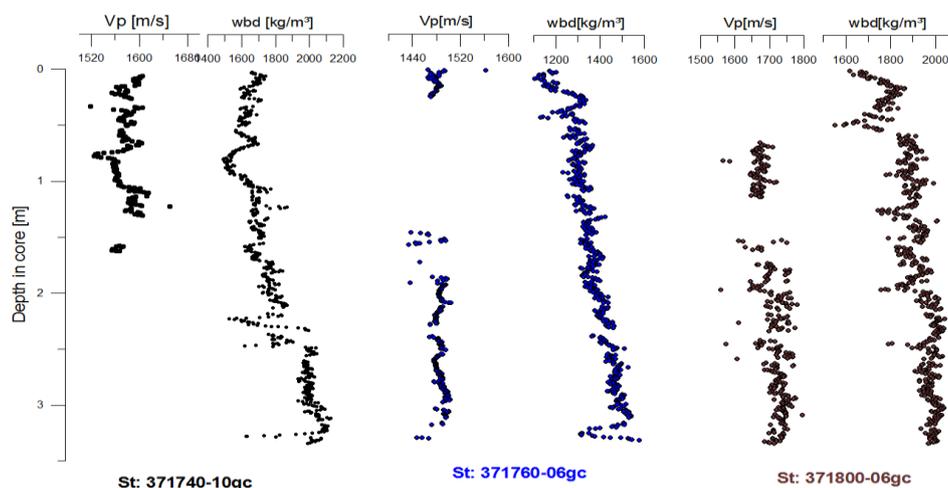


Abb. 29: Lücken in MSCL- Kernlogging Daten, P-Wellengeschwindigkeit (Vp) und Rohdichte (wbd), verursacht durch Porenwasserverlust und Luft zwischen Liner und Sedimentkern

Die Schließung dieser Lücken sowie die Erstellung von Rohdichte- und Schallgeschwindigkeits-Ansätzen für Stationen ohne physikalische Informationen erfolgt über geoakustische Modellierung. Diese besteht im einfachsten Fall in empirisch bestimmten Gleichungen. In Abbildung 30 sind Schallgeschwindigkeitswerte der FENDOU5 Stationen gegen Rohdichte aufgetragen. Zu erkennen ist, dass die Rohdichte allein nur bedingt zur Abschätzung von Schallgeschwindigkeiten geeignet ist. Ähnliche Ergebnisse erhält man bei Plots gegen andere sedimentologische Kenngrößen wie mittlere

Korngröße etc. Erfolgversprechender ist die Anwendung multivariater Verfahren unter Einbeziehung der SO219 Kerndaten, an der gegenwärtig gearbeitet wird.

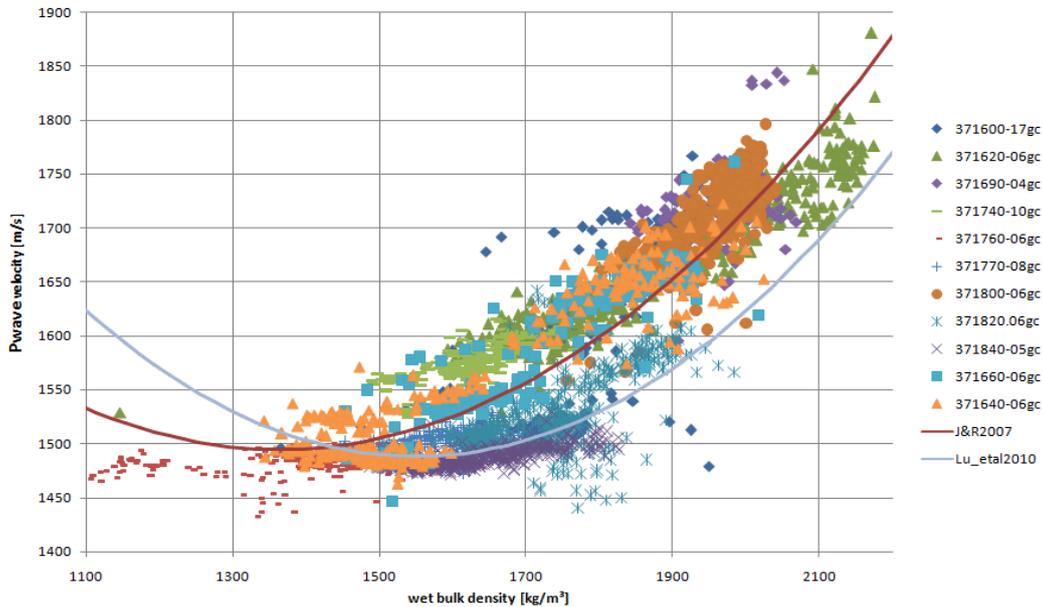


Abb. 30: P-Wellengeschwindigkeits- Rohdichte Beziehung von Beibu-Golf Sedimenten. Die Kurven wurden aus publizierten Regressionsgleichungen von Jackson & Richardson (2007, Schelfbereich Weltmeer) sowie LU et al. (2010, Schelf Südchinesisches Meer) erstellt.

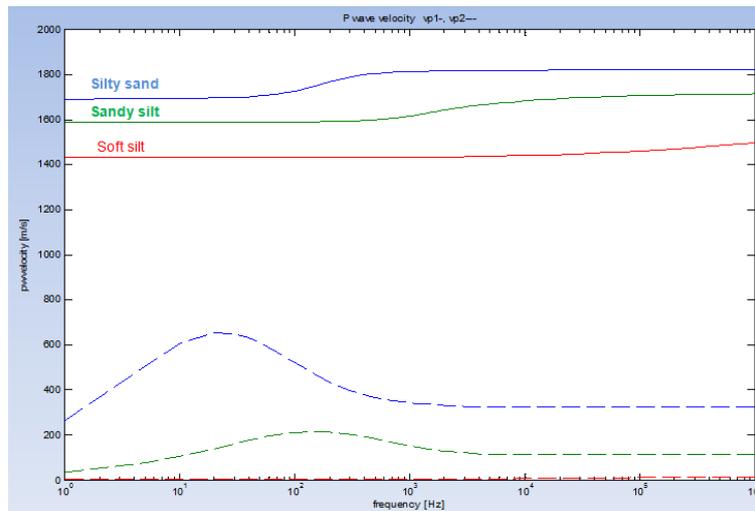


Abb. 31: Mit Hilfe des BIOT-Modells berechnete P-Wellen-Geschwindigkeiten erster ("normale", durchgezogene Linie) und zweiter ("Diffusionswelle") Art für Beibu Golf Sedimente: schluffigen Sand, sandigen Schluff und weichen Schluff/Schlack.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Anwendung physikalisch basierter Modelle wie z.B. dem Modell von BIOT und seiner Nachfolger. Diese Modelle erlauben eine Relativbewegung zwischen Matrix und Porenflüssigkeit und zeigen Dispersion in permeablen Sedimenten (z. B. Sand). Die richtige Wahl der 13 Eingabeparameter ist einerseits ein Problem, ermöglicht andererseits die Berechnung von P- und S-Wellen Ausbreitungsparameter für beliebige Frequenzen und in situ Verhältnisse. Ein derartiges Modell wurde mittels Matlab implementiert getestet (Abb. 31) und eingesetzt. Die Frequenzabhängigkeit der Schallgeschwindigkeit ist deutlich zu erkennen, und der

Übergang vom Hochfrequenz- zum Niederfrequenzbereich liegt bei ca. 1 kHz. Die seismoakustischen Profilmessungen finden im Bereich von 1 - 15 kHz statt und die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit während der Kernloggings bei ca. 200-1000 kHz. Mit Hilfe dieses Modells können Schallgeschwindigkeit und -dämpfung vergleichsweise exakt für die in situ Verhältnisse an den Kernstationen und die Arbeitsfrequenz des Profilierungsgerätes berechnet werden. Damit ist die Grundlage für die Zuordnung der Kernstationen zu den seismoakustischen Profilschnitten gegeben. Da für die geoakustische Modellierung Ergebnisse der langen SO219-Kernstationen unbedingt einbezogen werden müssen, verschiebt sich der Abschluss dieser Thematik auf Anfang 2013. Eine entsprechende Publikation ist für 2013/2014 geplant.

**Lithologische und geochemisch / sedimentphysikalische Faziesbeschreibung repräsentativer Sedimentkerne und ihre Interpretation als Folge wechselnder Milieu-(einschließlich Paläoklima-)parameter während des Spätquartärs.** Sedimentkerne wurden an ausgewählten Stationen gewonnen (Abb. 32). Zum Teil wurden sie bereits an Bord geöffnet, beschrieben und beprobt, um einen ersten Überblick zu den Sediment-Typen und den Abfolgen zu erlangen. Der größte Teil der Sedimentkerne wurde in geschlossenem Zustand verpackt und in die Labore der Projektpartner verschickt und dort analysiert. Am IOW wurden Kurz- und Langkerne von 14 Stationen der FENDOU5 Expedition und von 15 Stationen der SO219 Reise bearbeitet (es laufen gegenwärtig noch Restarbeiten an den SO219 Kernen und Proben). Die Analysearbeiten an den Kernen umfassten Sedimentphysik-Kernlogging, Kernfotografie, Kernansprache, XRF-Scanning sowie Subsampling. An den Unterproben wurden Wassergehalt, Korndichte, Glühverlust sowie Korngrößenverteilung bestimmt. An ausgewählten Proben erfolgten mikropaläontologische Analysen und Altersbestimmungen.

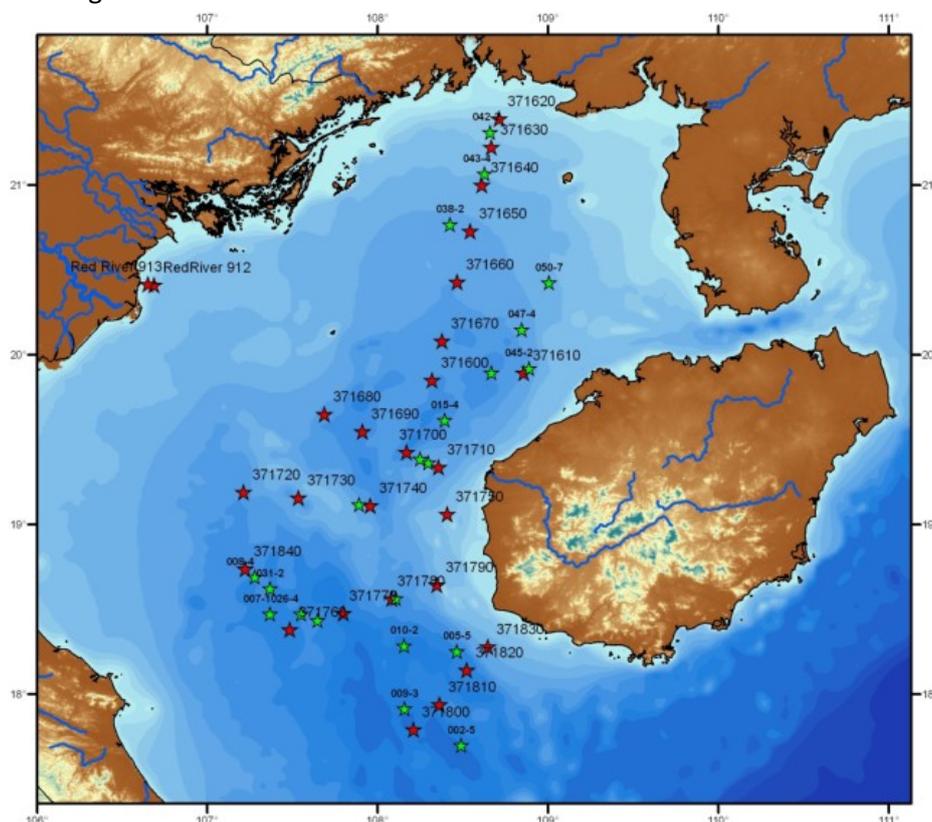


Abb. 32: Positionen der Kernstationen im Beibu-Golf, Südchinesisches Meer (in Rot Stationen der FENDOU5 Reise und in Grün Stationen der SO219 Reise).

**Sedimentbeschreibung.** Die Holozäne marine Sedimentfolge der Beckengebiete des Beibu-Golfes ist als grauer bis grauolivfarbener, homogener, feinkörniger, toniger Schluff ausgebildet. Es sind makroskopisch keine diskreten Lagen, Schichten oder Wechsel erkennbar. Das Sediment hat einen deutlichen Kalkgehalt (8-10 %) und nur geringe Anteile organischer Substanz (1-2 %). In unregelmäßigen Abständen, besonders aber an der Transgressionsbasis treten große Molluskenschalen auf. Unterhalb der marinen Folge steht im zentralen Becken westlich von Hainan ein rötlicher, makro-fossilfreier Ton an, der eventuell ein spätpleistozänes limnisches Sediment repräsentiert. In den flacheren Bereichen sind an der Basis der marinen Schluffe grobe Sedimente, bunt verfarbte Sandlagen und Steine mit Resten von organischen Ablagerungen anzutreffen, die als fossile Böden (alte Landoberfläche) gedeutet werden können. Abbildung 33 zeigt drei Kerne der marinen Sedimente aus den Beckengebieten des Beibu-Golfes. Die gelblichen Flecken im unteren Teil der Kerne sind sekundär. Die regelmäßigen dunklen Löcher stammen von der Spritzen-Beprobung am geschlossenen Kern.

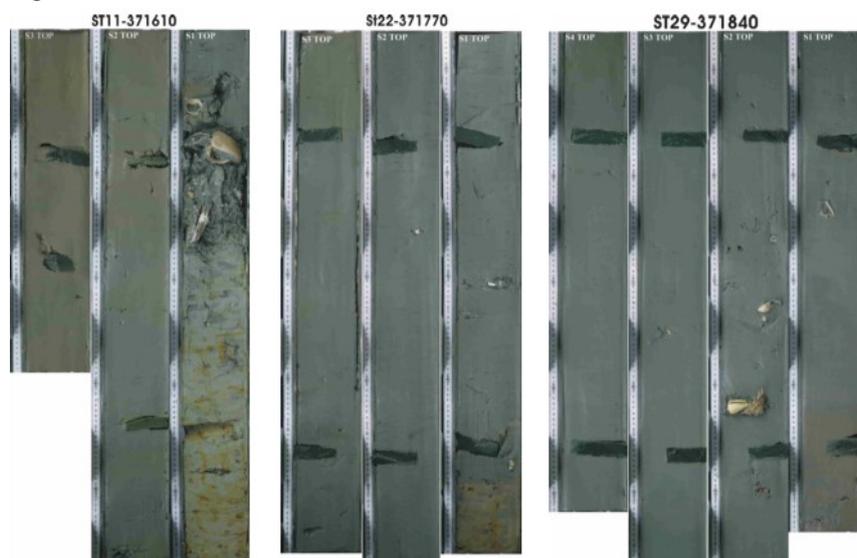


Abb. 33: Bilder dreier ausgewählter Halbkern aus unterschiedlichen Ablagerungsbereichen im Beibu Golf.

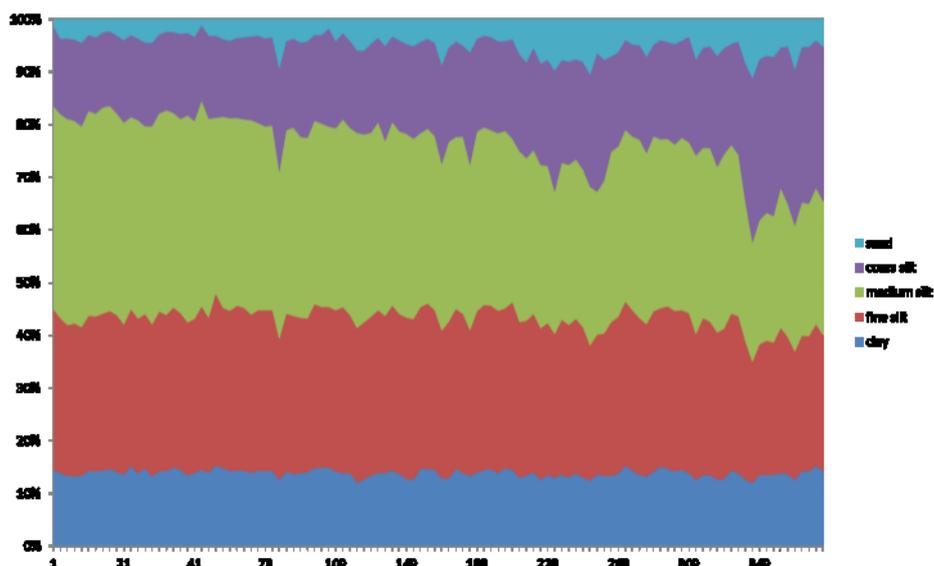


Abb. 34: Korngrößenanalysen am Sedimentkern SL 371840 aus dem zentralen Bereich des Beibu Golfes in % für unterschiedliche Fraktionen aufgetragen über die Kerntiefe in cm auf der X-Achse.

**Korngröße.** Für den Kern 371840 (Abb. 33) wurde eine komplette Korngrößenanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung 34 gezeigt. Gut zu erkennen ist die Homogenität der gesamten Folge, nur im unteren Bereich zeigt sich eine deutliche Zunahme im Grob-Schluff-Anteil (Abb. 34).

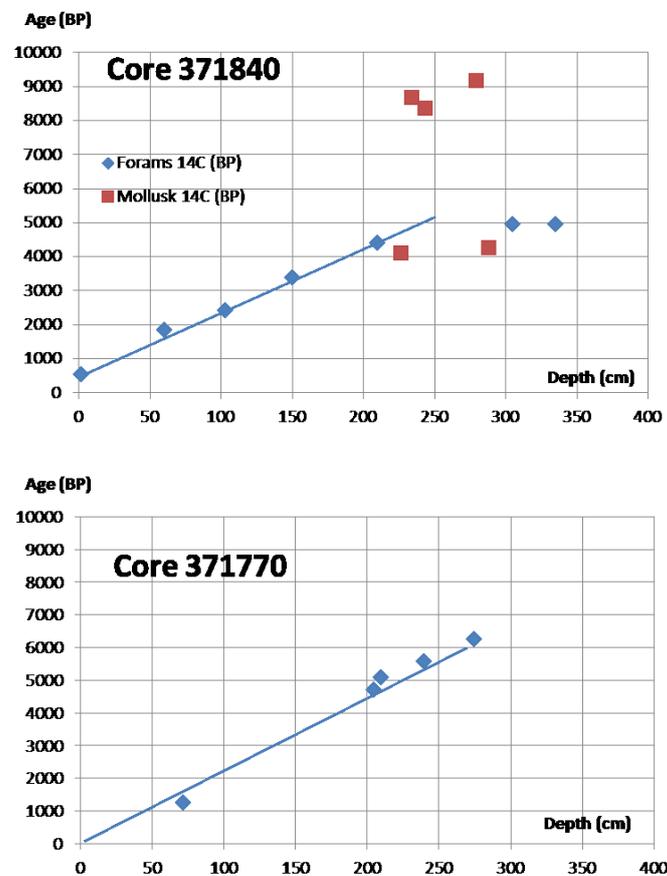


Abb. 35: Vorläufige Stratigraphien der Schwerelotkerne 371840 und 371770 basierend auf <sup>14</sup>C-AMS Datierungen von Foraminiferen- und Molluskenproben.

**Datierung.** Mittels AMS-Radiokarbon-Messungen konnten an zwei der oben gezeigten Kerne Foraminiferenschalen und Mollusken datiert werden. Die Ergebnisse der Datierungen der Foraminiferenschalen ergaben befriedigende Ergebnisse. Die mittleren Sedimentationsraten liegen nach diesen Befunden im Bereich von 0,45 bis 0,50 mm/Jahr in beiden Kernen. Die Alter der Molluskenschalen im Kern 371840 passen nicht in das Bild, was folgendermaßen erklärt werden kann: Der Bereich in einer Kerntiefe von etwa zwischen 220 und 280 cm, aus dem die Molluskenschalen stammen, enthält Einschübe (Schüttungen) von umgelagertem Sedimentmaterial aus Randbereichen des Beckens, mit dem auch die drei, viel älteren Molluskenschalen eingetragen wurden. Im Korngrößenprofil dieses Kerns ist dieses Ereignis leider nur andeutungsweise erkennbar (s. Abb. 34). Problematisch bleibt dann aber noch das jüngere Alter der beiden anderen Molluskenproben. Das Auftreten der beiden tiefer beprobten Foraminiferen mit einem Alter von ca. 5000 Jahren stützt diese Hypothese, da diese ohne die Einschübe in den „normalen“ Sedimentationsverlauf besser passen würden.

**XRF-Core Scanner.** 13 Schwerelot-Kerne der FENDOU5 Reise (max. 4 m lang) und drei lange Kerne von der SO219 Reise (SO-31, SO-23, SO-50) wurden mittels XRF-Core Scanner mit einer Auflösung

(Schrittweite) von 2 mm hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung (qualitative Hauptelementzusammensetzung) und Dichteänderungen (digitale Radiographien) vermessen. Die Lokationen der Probenahme-Stationen sind der Karte in Abb. 32 zu entnehmen. Der Kern SO-31-4 ist 716 cm lang und stammt aus dem südwestlichen Zentralbecken des Beibu-Golfes. Kern SO-23-6 hat eine Länge von 720 cm und repräsentiert das nordöstliche zentrale Becken vor der Insel Hainan. Kern SO-50-17 stammt aus dem Sedimentfächer nordwestlich der Straße von Hainan und hat eine Länge von 567 cm.

Die Scans dienen der Abgrenzung lithologischer Einheiten (Sedimentfolgen) innerhalb der Kerne und sollen zusätzlich ein Parallelsieren möglicher Schichtgrenzen über das Untersuchungsgebiet ermöglichen. Wie sich bereits in den Voruntersuchungen gezeigt hatte, ist die marine Holozäne Sedimentfolge durch einen grauen, schlecht sortierten Silt gekennzeichnet, welcher eine sehr starke Durchmischung (Homogenisierung) aufweist. Die Kalkgehalte sind relativ hoch (ca. 8-10 %), dagegen sind die organischen Substanzen nur mit ca. 1-2 % vertreten.

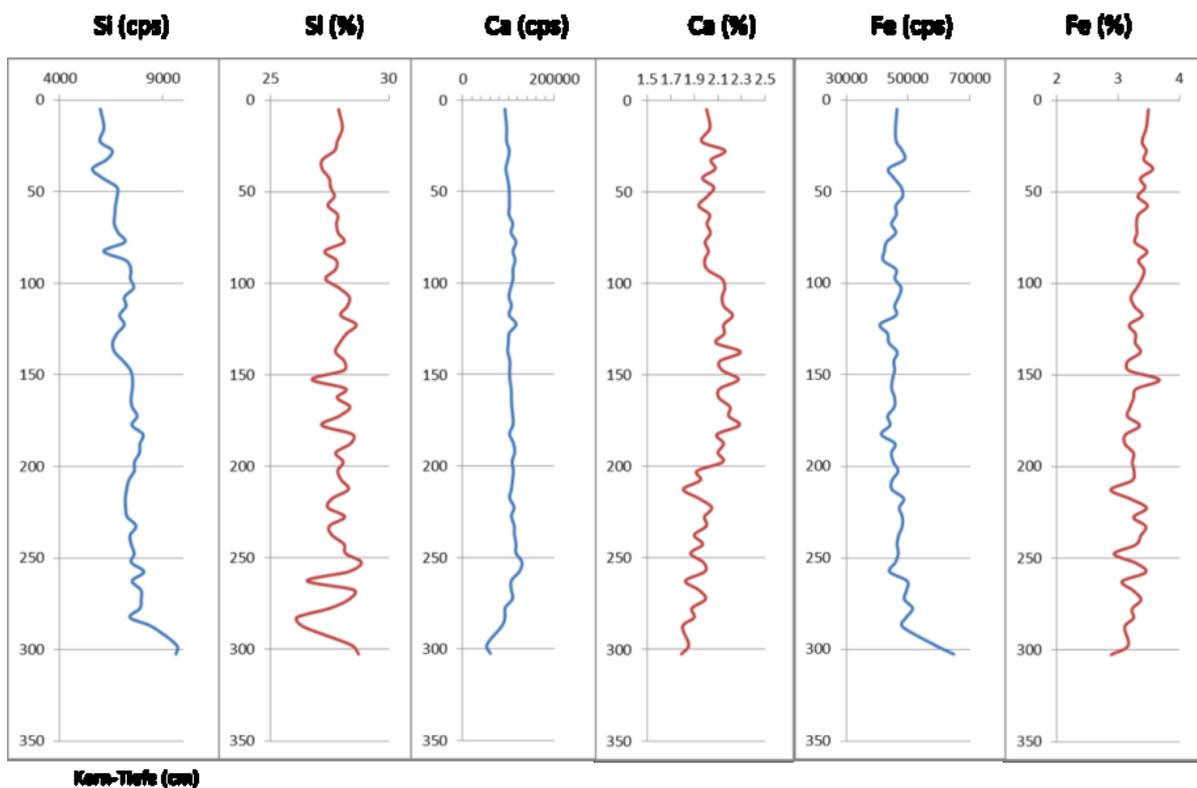


Abb. 36: Vergleich der qualitativen XRF-Scanner Daten mit den quantitativen chemisch an Einzelproben bestimmten Gehalten Si, Ca und Fe des Sedimentkerns 371770 (FENDOU5).

Zur Einschätzung der Absolut-Gehalte von Hauptelementen (Gew.-%) wurden chemische Analysen an einem Kern durchgeführt, um diese Daten mit den XRF-Scans (counts per second, CPS) vergleichen zu können (Abb. 36). An dem gezeigten Beispiel ist zu erkennen, dass die Kurvenverläufe im Detail leider nicht sehr gut übereinstimmen. Andererseits muss man aber auch darauf hinweisen, dass die Variationen bzw. Trends sich in sehr engen Grenzen halten, was durch den hohen Grad der Vermischung des Sedimentes zu erklären ist. Stärkere Veränderungen in der Zusammensetzung sind jedoch in den XRF-Profilen gut erkennbar, wie in den weiter unten aufgeführten Beispielen zu sehen ist (Abb. 37, 38).

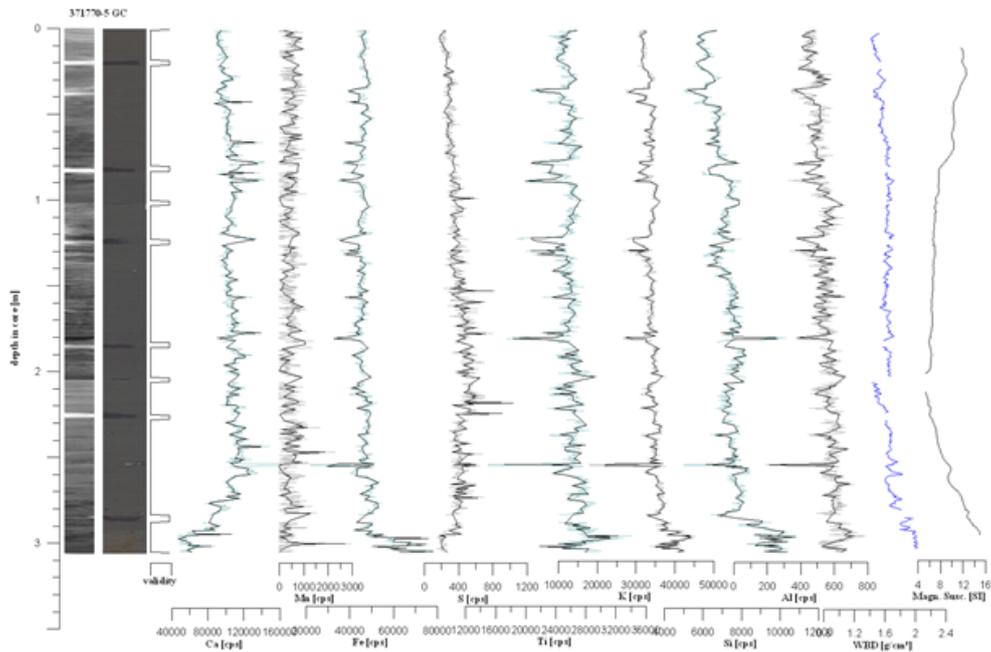


Abb. 37: XRF Core Scanner Daten vom Kern 371770 (FENDOU5).

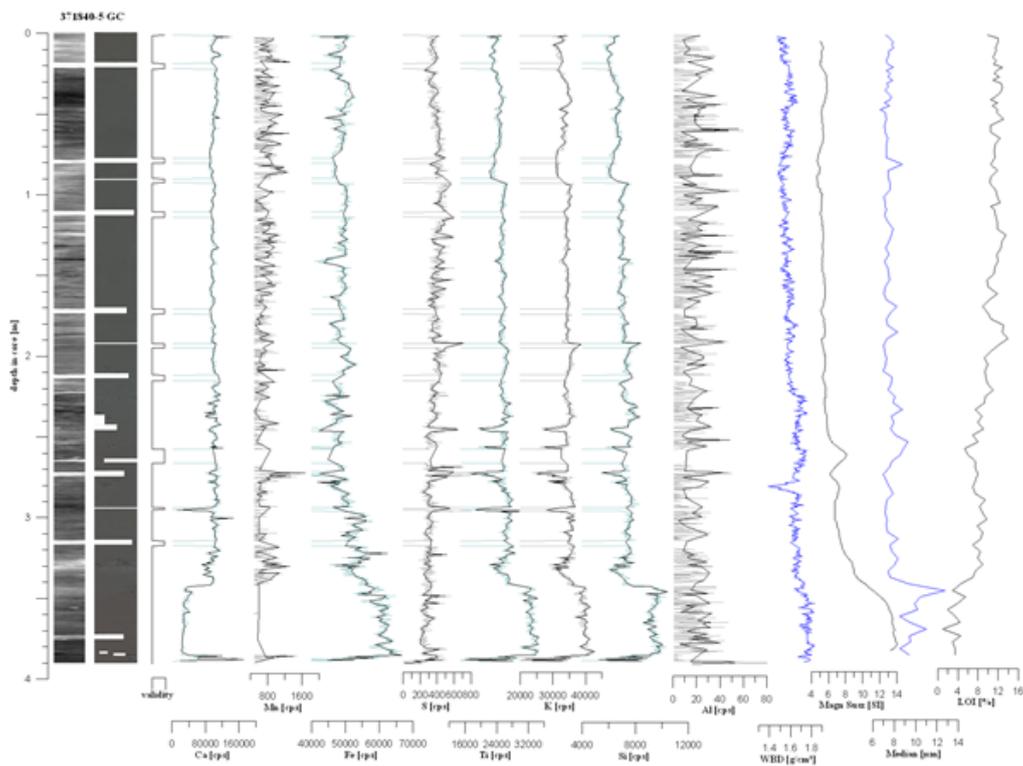


Abb. 38: XRF Core Scanner Daten vom Kern 371840 (FENDOU5).

Die vielen kleinskaligen Variationen einzelner Elemente lassen sich nur eingeschränkt interpretieren. Einige Inhomogenitäten können durch grobkörnige Einlagerungen gedeutet werden. In den folgenden Abbildungen sind ausgewählte Elemente der XRF-Scans an den drei langen Kernen dargestellt, die für eine Interpretation der Schichtenfolge hilfreich sind. Der obere Bereich (ca. 0-500 cm) des Kerns SO-31-4 (zentrales Becken, Abb. 39) besteht aus grünlich-grauem Silt, reich an Ca-Karbonat und repräsentiert den Holozänen marinen Schlick, darunter folgt ein rötlich-graues toniges Sediment, reich an Fe (nicht dargestellt), welches eine limnische, kalkarme Beckenfüllung

aus spätpleistozäner (prä-transgressiver) Zeit darstellt. Die Mächtigkeit der marinen Folge bezogen auf die ältesten marinen Mollusken in dieser Region (ca. 9000 BP) ergibt eine mittlere Sedimentationsrate von 0,6 mm/Jahr, was sich gut in die oben genannten Raten der datierten Nachbarkerne einordnet.

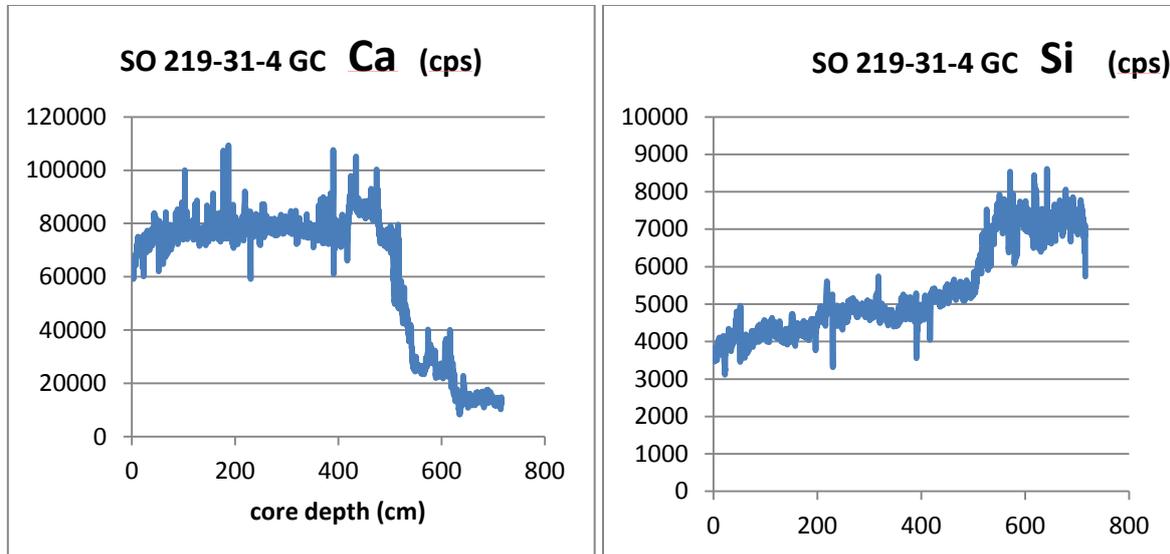


Abb. 39: Ca und Si XRF Core Scanner Daten (counts per second) vom Kern SO219-31-4.

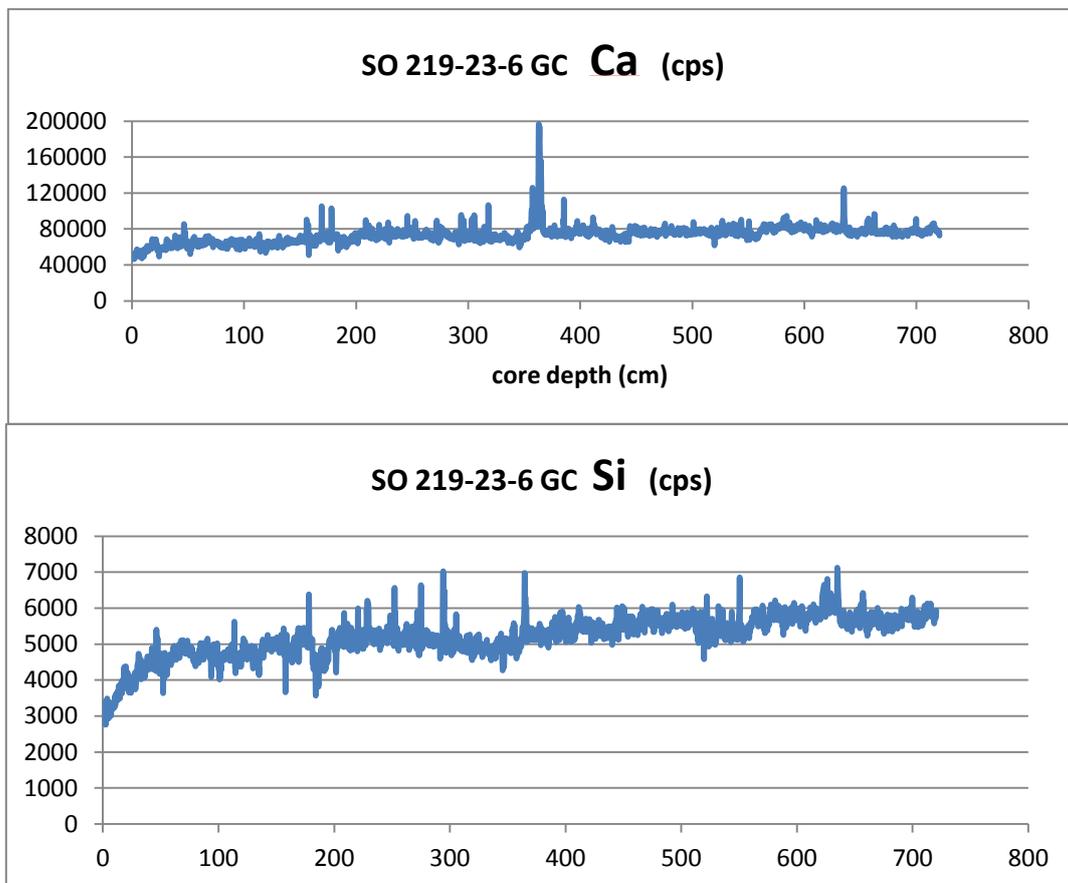


Abb. 40: Ca und Si XRF Core Scanner Daten (counts per second) vom Kern SO219-23-6.

Die Elementprofile des Kerns SO-50-17 im Nordosten des Beibu-Golfes, vor der Straße von Hainan (Abb. 41) sind auf einer Länge von 550 cm ebenfalls homogen, das Sediment ist auch als

grünlich- grauer Schluff anzusprechen. An der Basis findet sich ein grobes Sand/Kies-Lager, welches die Transgressionsbasis in diesem Gebiet darstellt. Insgesamt fällt auf, dass der Kern 50-17 im Norden wesentlich Ca- (Kalk-) ärmer ist. Nur einzelne Molluskenschalen verursachen Ca-Peaks im Profil.

Eine Abgrenzung von markanten Horizonten zur Korrelation der drei langen Kerne aus unterschiedlichen Becken des Beibu-Golfs innerhalb der marinen Sedimentfolge ist anhand der XRF-Elementprofile nicht einfach möglich. Die starke Wirkung von Strömungen, Turbulenzen und eventuell Bioturbation führt zu einer Durchmischung der Sedimentprofile in dem flachen Gewässer. Damit einher geht die Vermutung eines erheblichen Sedimenttransportes in Richtung Schelf (nach Süden). In Abb. 42 ist das XRF Fe/K Elementverhältnis ausgewählter Schwerelotkerne in einem N-S Profil durch den Beibu-Golf dargestellt. Es lässt sich an allen Kernen ein zum Spätholozän hin ansteigender Trend feststellen, dem teilweise über mehrere Kerne hinweg aushaltbare, kurzfristige Variationen aufgesetzt sind. Paläoklimatisch ist im Verlaufe des Holozäns eine graduelle Abnahme der Monsunintensität in der Region gut dokumentiert. Es ist zu vermuten, dass die damit einhergehende Abnahme der chemischen Verwitterung im Einzugsgebiet des Golfes zu einer Verschiebung des Fe/K Verhältnisses geführt hat. Dies zeigt, dass in den marinen Abfolgen des Beibu-Golfes trotz hydrodynamisch komplexer Sedimentationsprozesse die holozäne Sedimentationsgeschichte eine wesentliche, paläoklimatische Komponente beinhaltet, die noch im Detail zu untersuchen ist.

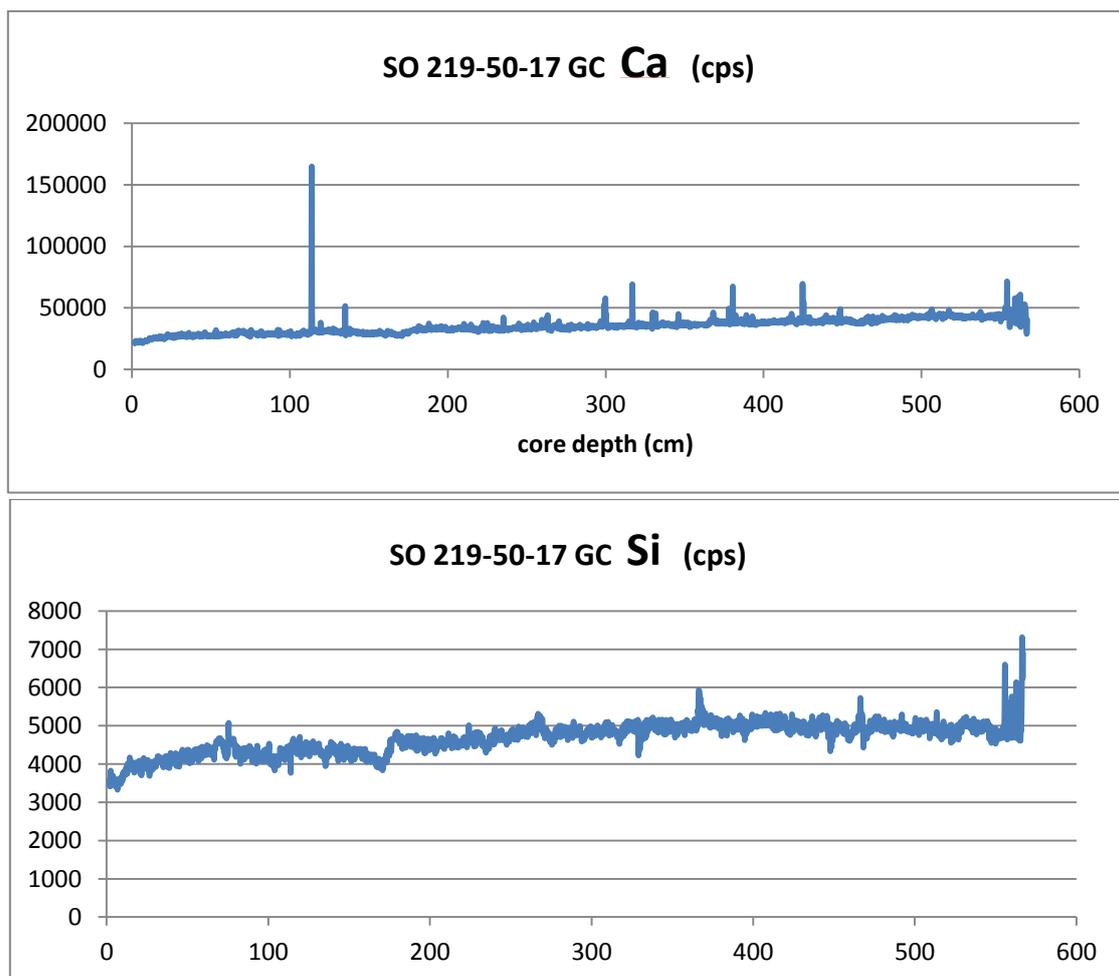


Abb. 41: Ca und Si XRF Core Scanner Daten (counts per second) vom Kern SO219-50-17.

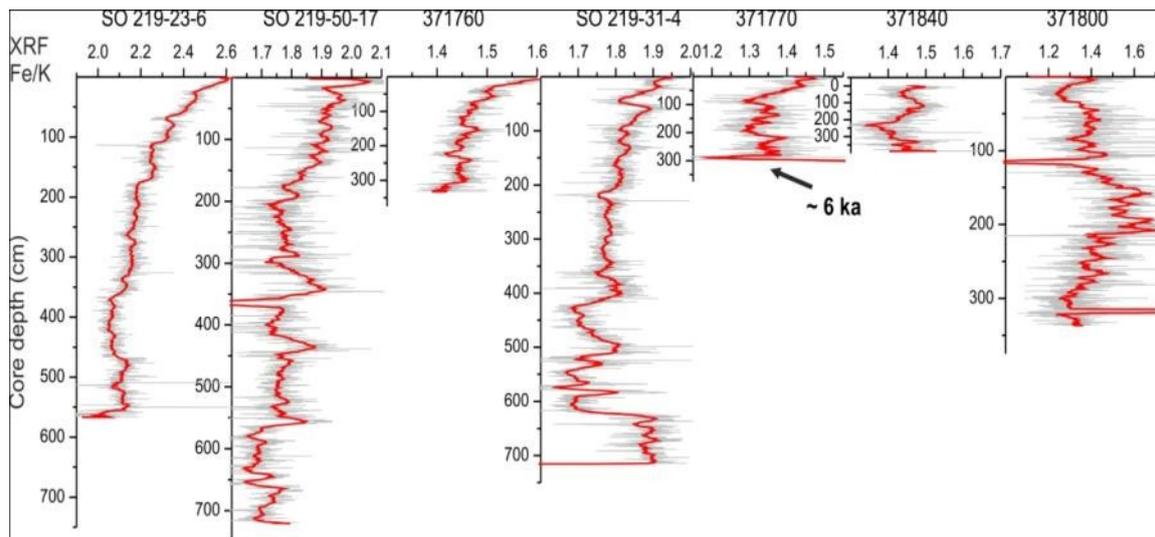


Abb. 42: XRF Fe/K Verhältnis an ausgewählten Sedimentkernen in einem N-S Profil durch den Beibu-Golf.

**Kurzkerne (Multi-Corer):** An Hand von drei Kurzkernel-Profilen aus unterschiedlichen Regionen des Beibu-Golfs soll noch auf die Problematik biogener und anthropogener Einflüsse eingegangen werden. Quecksilber (Hg) im Sediment ist ein wichtiger Indikator für anthropogene (industrielle) Beeinflussung (Abb. 43). Die natürlichen Hintergrundwerte des Gebietes lassen sich mit Konzentrationen im Bereich um  $10 \mu\text{g kg}^{-1}$  aus dem Verlauf der Profile abschätzen. Ein deutlicher Anstieg über diese Werte signalisiert anthropogene Einflüsse. Erstaunlicherweise ist gerade im Kern 371840 aus dem zentralen Becken ein solcher Anstieg kaum nachweisbar. Für die anderen beiden Kerne ist dieser Einfluss schon besser erkennbar, wobei die maximalen Konzentrationen mit 30 bis  $40 \mu\text{g/kg}$  noch immer weit unterhalb der Werte in Sedimenten beispielsweise der Becken der Ostsee liegen. Der unstete Kurvenverlauf in den Kernen 371620 und 371800 (beide FENDOU5) und die insgesamt geringen Konzentrationen lassen eine hohe Dynamik und starke Verdünnung durch Sedimenteintrag vom Festland vermuten.

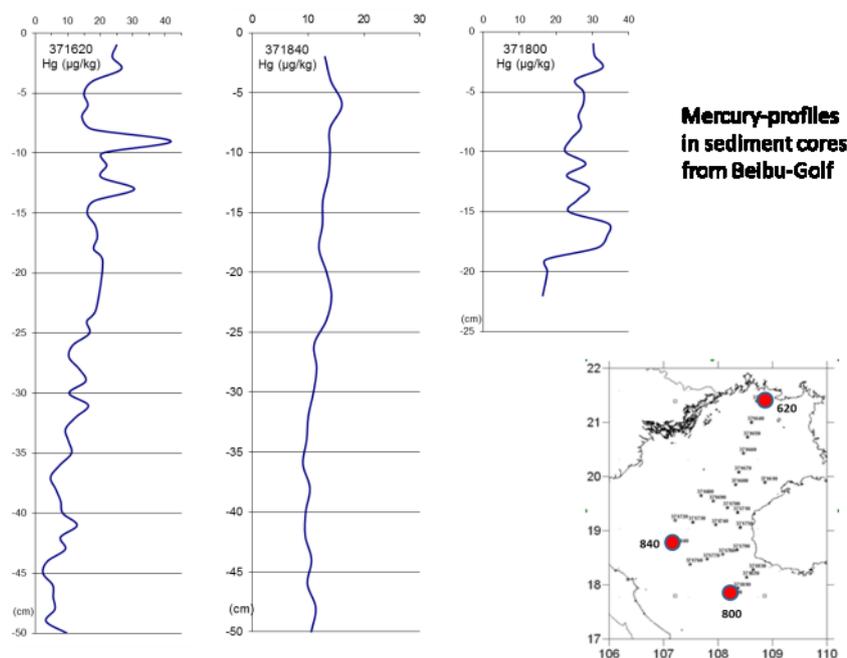


Abb. 43: Quecksilbergehalt dreier ausgewählter Kurzkerne im Beibu Golf.

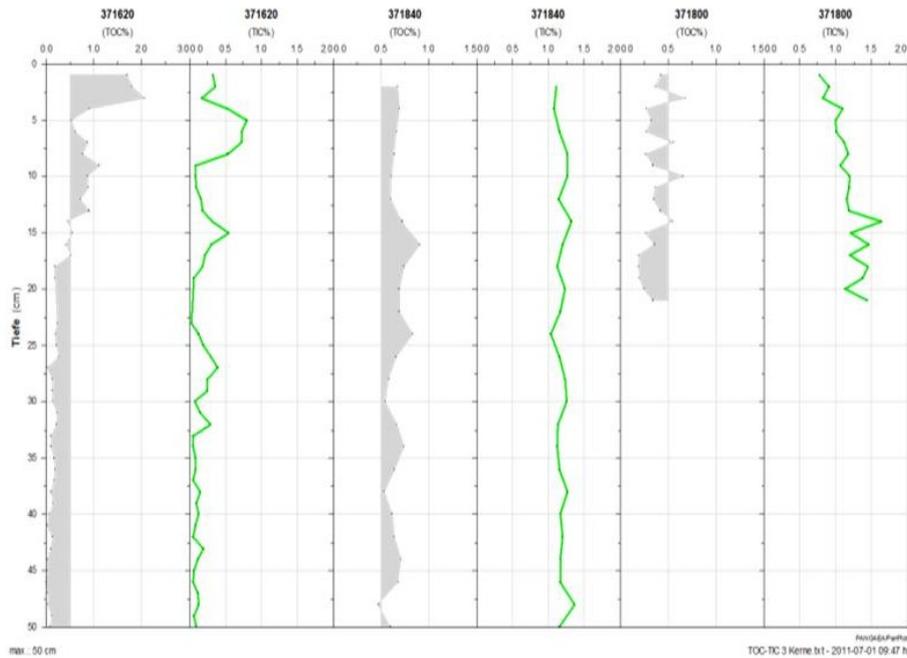


Abb. 44: Gesamt organischer (TOC) und anorganischer (TIC) Kohlenstoffgehalt dreier ausgewählter Kurzkerne im Beibu Golf.

Die biogenen Komponenten organischer Kohlenstoff (TOC) und Kalkgehalt (TIC) für die drei Kerne ist in Abb. 44 dargestellt. Für TOC wurde bei 0,5 % eine Referenzlinie eingezeichnet, um Unterschiede bzw. Trends besser sichtbar zu machen. Nur im Kern 371620 vor der Küste im Norden des Gebietes ist eine markante kohlenstoffreichere Schicht an der Oberfläche erkennbar. Hier könnte die Einarbeitung organischer Substanzen aus der Mangrovenzone der Küstenregion eine Rolle spielen. Die übrigen Werte um 0,5 % TOC sind als gering einzustufen. Auch hier sind die hohe Dynamik (einschließlich guter Belüftung) und die Verdünnung durch terrigene Sedimentzufuhr als Ursachen zu erkennen. Der markanteste Unterschied der drei Kerne besteht in der starken Zunahme des Kalkgehaltes von Nord nach Süd zum offenen Meer hin. Hier zeigt sich der Einfluss (die Ablagerung) der marinen biogenen Karbonate, was auch in den XRF Ca-Profilen der langen Kerne zu sehen war.

**1.4 TP4(ZMT): Die Bedeutung von Mangroven für die biogeochemischen Stofftransporte in die Küstenökosysteme des Beibu Golfs unter dem Einfluss anthropogener Veränderungen.** Das Arbeitsgebiet an der Küste der Provinz Guangxi in SW Chinas fällt in den Bereich der Subtropen und unterliegt einem monsunalen Klima (Abb. 45). Das saisonale Niederschlagsmuster (Abb. 46) ist geprägt von einer Trockenzeit mit <50 mm Niederschlag pro Monat von November bis März und einer Regenzeit mit >200 mm pro Monat von Juni bis September. Die Niederschläge während der Regenzeit können stark variieren und sind zum Teil an tropische Stürme (Taifune) gekoppelt. Guangxi gehört neben Hainan, Guangdong, Fujian und Zheijiang zu den wenigen Regionen der VR China, in denen Mangroven zu finden sind (Li and Lee, 1997). Die Mangroven im Untersuchungsgebiet sind zwergwüchsig, was wahrscheinlich auf die besondere Beanspruchung durch die starke, meist tägliche Tide sowie die kalten Winter zurückgeführt werden kann.

Weltweit ist die Ausdehnung der Mangrovenwälder durch menschliche Eingriffe um 25-50% zurückgegangen (Alongi, 2002; Spalding et al., 2010). Der Verlust in China wird auf 2/3 der ursprünglichen Fläche geschätzt (Li und Lee, 1997). Auch im Arbeitsgebiet wurde der Mangrovenbestand insbesondere durch die Konvertierung in Reisfelder und später in

Aquakulturteiche stark dezimiert. Der Flächenverbrauch durch Garnelenteiche in der Region Beihai hat sich im Zeitraum von 1990-2004 von ca. 2700 ha auf 6300 ha mehr als verdoppelt; insgesamt gehen in China 95% der Mangrovenverluste auf den Ausbau der Aquakultur zurück (Fan, 2005). Mittlerweile gibt es große Bemühungen, durch die Einrichtung von Schutzgebieten (z.B. RAMSAR Site Shankou Mangrove Reserve, Guangxi) und wissenschaftlich begleitete Rekultivierung den Trend aufzuhalten bzw. umzukehren (He et al., 2007).

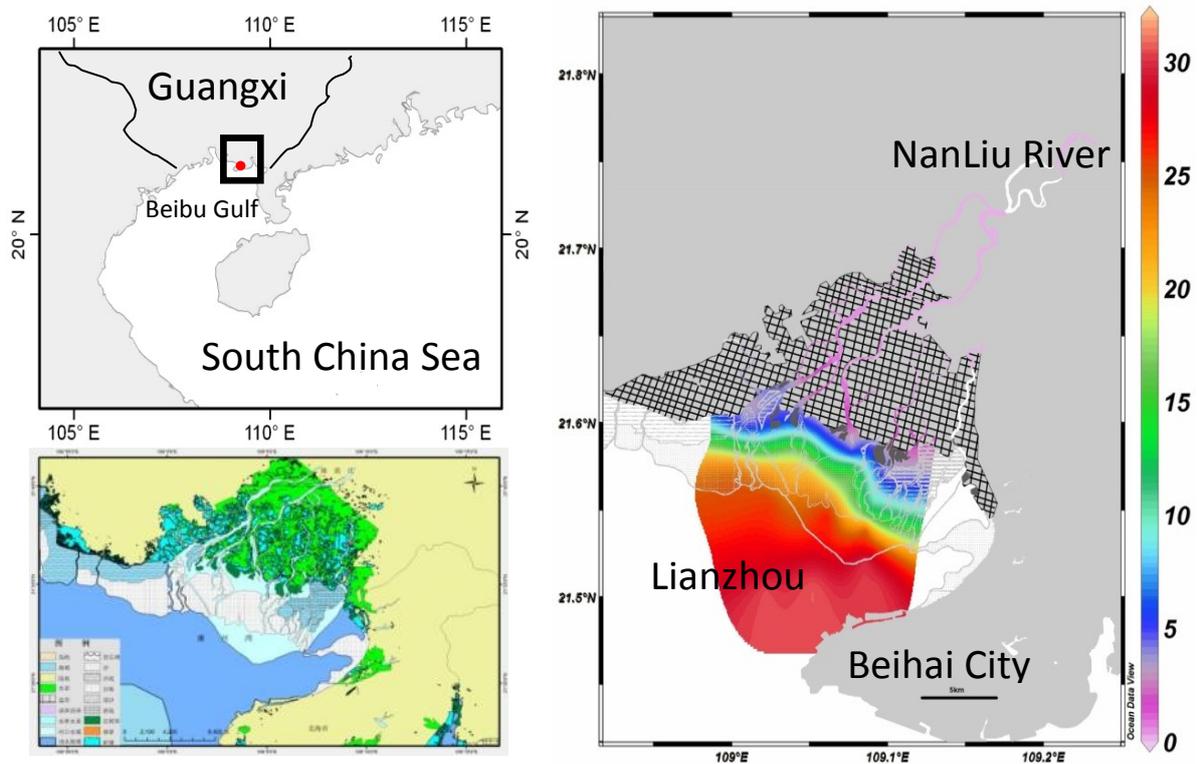


Abb. 45: (oben links) Übersichtskarte mit Lage des Südchinesischen Meeres, des Beibu Golfes und des Arbeitsgebietes in Guangxi, Südchina. (rechts) Detailsicht des Arbeitsgebietes mit Verlauf und Mündungsbereich des Nan Liu Flusses mit exemplarischer Verteilung des Salzgehaltes im Ästuar, (unten links) Überblick über die Landnutzung und die Verteilung der verbliebenen Mangrovegebiete im Gebiet Nan Liu Ästuar und Lianzhou Bucht (Daten & Karte: GMRC) hellgrün: Landwirtschaft, dunkelgrün: Mangroven, Türkis: Aquakultur. Gut zu erkennen sind die ausgedehnten Wattflächen vor der Mündung.

Der Nan Liu Fluss erstreckt sich über eine Länge von 287 km und hat ein Einzugsgebiet von 9704 km<sup>2</sup>. Der mittlere jährliche Abfluss beträgt 5,3 km<sup>3</sup> yr<sup>-1</sup> (Dai et al., 2011). In der Region Guangxi werden Reis, Mais, Soya, Süßkartoffeln, verschiedene Gemüsesorten, Gründünger sowie Zuckerrohr angebaut. Mehr als die Hälfte der landwirtschaftlich genutzten Flächen wird von Reisfeldern eingenommen, Zuckerrohr ist die bedeutendste Anbaupflanze im Trockenlandbau (Department of Agriculture of Guangxi Zhuang Autonomous Region, <http://www.gxny.gov.cn/eng/>). Reis und Zuckerrohr werden durchschnittlich mit jeweils 160 und 170 kg/ha N und mit 62 und 86 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gedüngt (Tan et al., 2003). Eine Verarmung der Böden an Phosphor und Kalium ging einher mit der vermehrten Nutzung von N-Düngern in China seit den 1960er Jahren (Gao et al., 2006) und stellt auch auf den Böden Guangxis ein großes Problem dar (Department of Agriculture of Guangxi Zhuang Autonomous Region, <http://www.gxny.gov.cn/eng/>).

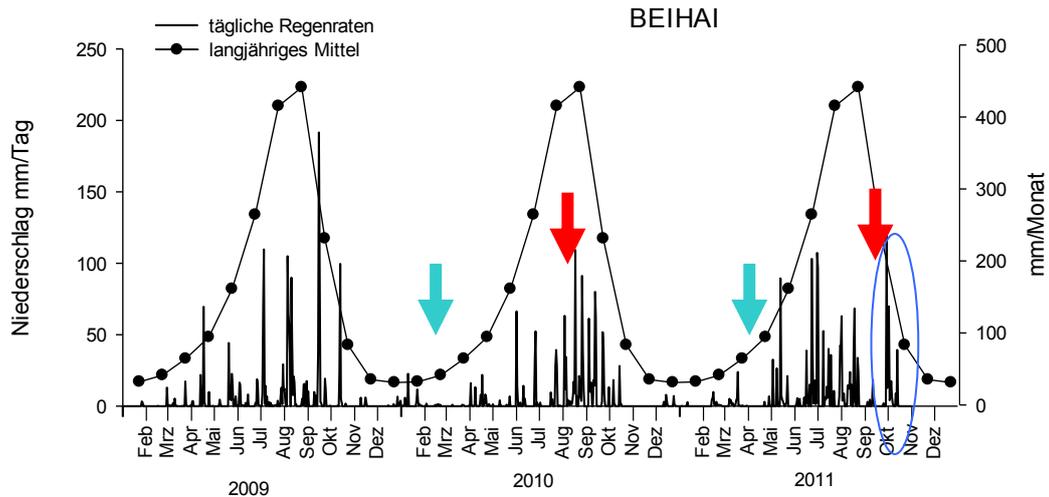


Abb. 46: Langjähriges Mittel der monatlichen Niederschlagsmengen in Beihai ([www.weatherbase.de](http://www.weatherbase.de)) sowie tägliche Niederschlagsmengen in Beihai für die Jahre 2009-2011 (<http://climate.usurf.usu.edu/products>). Die Kernphase der Trockenzeit erstreckt sich von November bis März, die Regenzeit hat ihren Höhepunkt von Juni bis September. Die blauen Pfeile markieren den ungefähren Zeitraum der Trockenzeitbeprobungen, die roten Pfeile die der Regenzeitbeprobungen. Die mit der blauen Ellipse markierten Regenfälle im Oktober 2011 stehen im Zusammenhang mit dem Tropensturm Nesat.

**Gelöste Nährstoffe: Quellen und Umsetzung** China ist heute der weltgrößte Produzent und Konsument künstlicher Düngemittel und steht für ca. 25% des globalen Düngemittelseinsatzes (Gao et al., 2006). Viele Flüsse und Ästuare in China sind einer hohen Belastung durch Nährstoffe aus Landwirtschaft, Abwässern und auch Aquakulturen ausgesetzt (Liu et al., 2009; Zhang, 1996). Der Nan Liu ist hier keine Ausnahme, er liegt für Nitrat sogar im oberen Bereich der für chinesische Flüsse gemessenen Konzentrationen, sodass er entsprechend der chinesischen Klassifizierung als belastet bis stark belastet eingestuft werden muss (Liu et al., 2009). Der gelöste inorganische Stickstoff (DIN) wird besonders im niedrigen und mittleren Salzgehaltbereich von Nitrat dominiert. In dem ebenfalls von Aquakulturen beeinflussten Gebiet auf Hainan (BMBF-Projekt LANCET) weisen die insgesamt niedrigeren DIN-Gehalte höhere Anteile von Ammonium auf, dies deutet auf eine höhere Belastung des Nan Liu aus dem landwirtschaftlich intensiv genutzten Hinterland hin (Herbeck et al., 2011; Liu et al., 2011). Die Gehalte an Ammonium zeigen eine größere Streuung als die des Nitrats, das einer starken ästuarinen Verdünnung unterliegt, die in einer fast linearen Abnahme des Nitrats mit zunehmenden Salzgehalten deutlich wird. Dies weist auf die Bedeutung von Punktquellen für den Eintrag von Ammonium hin. Diese Annahme wird bekräftigt durch die hohen Nitratwerte im Oberlauf des Flusses, die einen Eintrag aus dem Einzugsgebiet anzeigen, während dieser Prozess aufgrund der gleichzeitig niedrigen Ammoniumwerte für Ammonium ausgeschlossen werden kann. Im Gegensatz dazu steigen die Ammoniumwerte im Bereich der Flussmündung an, was auf einen lokalen Eintrag etwa aus den Aquakulturanlagen entlang des Ästuars aber auch aus den Muschelkolonien auf den Wattflächen hindeutet.

Durch die Nitratbelastung kommt es im Nan Liu und in der Lianzhou Bucht zu einem, verglichen mit unbelasteten Gewässern, deutlichen Anstieg des N/Si Verhältnisses (im Nan Liu  $Si/N < 1$ , im Huang Zu/Pearl Bay westlich des Arbeitsgebietes hingegen  $Si/N < 10$ ), das sich in der Regel negativ auf die Zusammensetzung der Planktongemeinschaft im Küstengewässer auswirkt (Turner and Rabalais, 1994). Tatsächlich konnten in der Lianzhou-Bucht in den letzten Jahren wiederholt Blüten der toxischen Alge *Microcystis Kuetz* beobachtet werden (Qiu and Lai, 2004; Wei et al., 2004).

Eine Kombination von Literaturdaten und unseren Ergebnissen deutet darauf hin, dass das N/P Verhältnis in der Lianzhou-Bucht in den vergangenen Jahren abgenommen und sich dem Redfield-Verhältnis angenähert hat. Dies kann wahrscheinlich auf einen vermehrten Eintrag von P aus der Landwirtschaft zurückgeführt werden (Chen et al., 2008a). Dieser zusätzliche fluviatile P-Eintrag über den Nan Liu führte während der letzten Jahre zu einer Abschwächung der vormals deutlichen Phosphatlimitierung, so dass der anthropogen eingetragene Stickstoff in der jüngeren Vergangenheit vermehrt in der Bucht verwertet werden kann und dadurch die Produktivität steigern und die Entstehung toxischer Algenblüten begünstigen könnte (Hodgkiss and Ho, 1997).

Das Einzugsgebiet und der Abfluss des Nan Liu sind um einen Faktor 10 größer als das des im Rahmen von LANCET untersuchten Flusssystem Wenchang/Wenjiao auf Hainan. Der flächenbezogene Export von DIN liegt für den Nan Liu ( $92,5 \times 10^3 \text{ mol km}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ) erheblich über dem des hainanesischen Flusssystem (54,2  $\times 10^3 \text{ mol km}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ) und liegt im Bereich, der auch von Chen et al. (2010) für Südchina angegeben wird. Ein fluviatiler N-Export in der Höhe von  $127 \times 10^3 \text{ mol km}^{-2} \text{ yr}^{-1}$  wurde für das landwirtschaftlich geprägte Einzugsgebiet des Jiulong Flusses in SW China ermittelt, in dem ca. 70% des N aus Düngerauftrag stammt (Chen et al., 2008b). Entsprechend führen auch wir die hohen Exporte auf die intensive Düngung im Einzugsgebiet des Nan Liu.

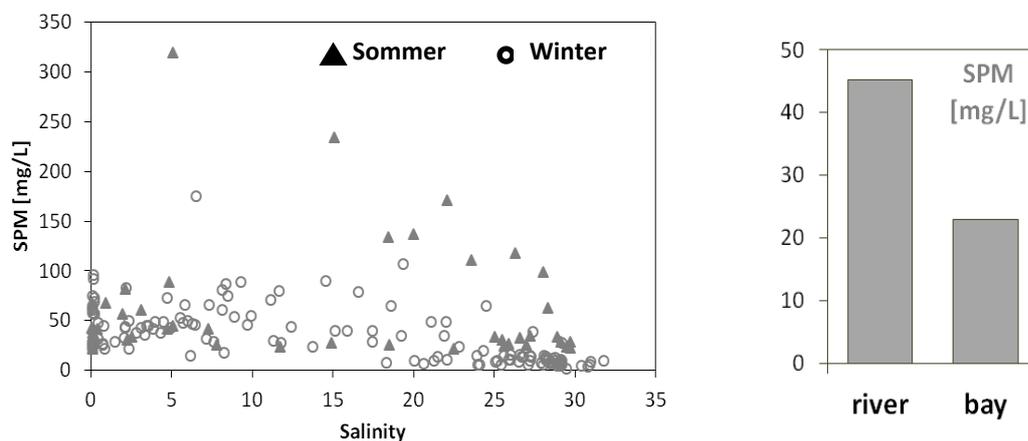


Abb. 47: Konzentrationen des suspendierten partikulären Materials im Nan Liu und den angrenzenden Küstengewässern aufgetragen gegen den Salzgehalt (links) getrennt für die feuchte Sommer- und trockene Winterzeit. Rechts die durchschnittliche SPM Konzentration im Fluss (Salzgehalt <1) verglichen mit der in der Bucht (Salzgehalt >25).

**Suspendiertes partikuläres Material im Nan Liu und den angrenzenden Küstengewässern: Menge des suspendierten partikulären Materials.** Die mittlere Suspensionskonzentration im Nan Liu liegt bei 45 mg/L, und zeigt trotz der starken saisonalen Unterschiede im Niederschlagsmuster keine ausgeprägte Jahreszeitliche Variabilität (Abb. 47). Vielmehr bedingen Extremereignisse wie etwa Starkregen im Zusammenhang mit tropischen Stürmen kurzzeitige Variabilitäten wie die zum Teil stark erhöhten SPM-Konzentrationen während des Sommers. Ähnliche Bedingungen wurden auch in kleinen Flüssen auf Hainan beobachtet (Unger et al., 2012). Deutlich niedrigere Konzentrationen finden sich ab einem Salzgehalt von ca. 25 in der äußeren Lianzhou Bucht. Hier spielt der Eintrag von partikulärem Material über den Fluss, aber auch die Resuspension durch die Tidenbewegung des Wassers eine geringere Rolle, so dass die Wassermassen insgesamt klarer sind.

**Isotopensignatur:  $\delta^{15}\text{N}$  und  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$**  Generell erhöhte  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte des suspendierten Materials von im Mittel 6-8‰ deuten auf einen erhöhten anthropogenen Einfluss auf die N-Biogeochemie im

Untersuchungsgebiet hin (vgl. Anderson & Cabana, 2006) und werden von uns nicht nur auf den Einfluss der Aquakultur zurückgeführt. Vergleichbare  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte wurden auch für Nitrat aus dem Mississippi gemessen und auch dort vor allem auf Einträge aus der Landwirtschaft zurückgeführt (Panno et al., 2006). Messungen an Nitrat aus dem Nan Liu Fluss und Ästuar ergeben ähnliche Werte. Die Auswirkungen der anthropogenen Belastung im Nan Liu Gebiet werden auch durch den Vergleich mit den niedrigeren  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten aus der geringer belasteten Pearl Bay deutlich.

Entlang des Salzgehaltgradienten nehmen die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Suspension leicht zu, höchste Werte werden in der Bucht beobachtet (Abb. 48). Trägt man die Isotopenzusammensetzung gegen die entsprechenden Nitrat- und Ammonium-Konzentrationen auf, wird deutlich, dass sich der beobachtete Anstieg des  $\delta^{15}\text{N}$  des SPM in den Küstengewässern besser durch die Aufnahme und Fraktionierung des Ammonium erklären lässt (Abb. 48b, 48c). Ein Anstieg der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte erfolgt ab einer Ammoniumkonzentration von ca. 10  $\mu\text{M}$ . Dieser Wert kann daher als Schwellenwert angesehen werden, ab dem es zu einer verstärkten Aufnahme des residualen schwereren Ammoniums kommt. Isotopen-Messungen am Ammonium zeigen stark variable Werte, die auf aktive Umsetzungsprozesse hindeuten.

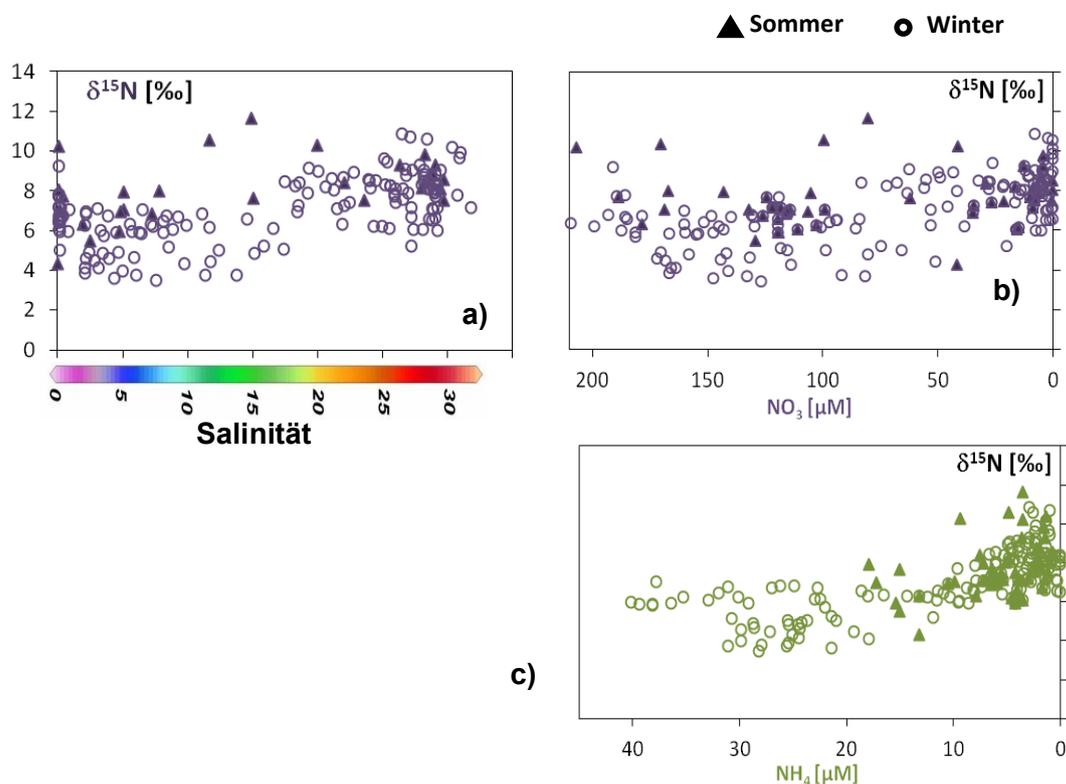


Abb. 48:  $\delta^{15}\text{N}$  des suspendierten partikulären Materials im Fluss, Ästuar und Küstengewässer des Arbeitsgebietes aufgetragen gegen den Salzgehalt (a), die Konzentrationen von Nitrat (b) und die Konzentration von Ammonium (c), jeweils getrennt für die feuchte Sommer- und trockene Winterzeit.

Die Ergebnisse der Tidenbeprobung im Shankou Mangrove Reserve weisen anders als an den anderen Stationen im Nan Liu Ästuar eine deutliche, tidenbedingte Variabilität der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im SPM auf, wobei sehr niedrige  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte während der Ebbe, wenn Material aus der Mangrove ausgetragen wird, und erhöhte Werte während der Flut auftreten. Dies deutet darauf hin, dass in der Shankou-Mangrove das anthropogene Signal mit erhöhten Isotopenwerten aus dem Küstengewässer eingetragen wird und nicht aus dem Hinterland kommt. In der Mangrove selbst kommt es möglicherweise zu Stickstofffixierung, die zu den niedrigen  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten beiträgt (Fogel et al., 2008). Erste Ergebnisse der Isotopenmessung am Nitrat aus dem Nan Liu und der Aquakultur

ergaben unerwartete Ergebnisse: Während die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte für das fluviatile und ästuarine Nitrat bei 7-8‰ lagen und damit den mittleren Werten der Suspension entsprechen, ergab unsere erste Messung von Aquakultur-Nitrat mit -2,4‰ einen überraschend niedrigen Wert, der deutlich unter den Werten liegt, die in Hainan für Fischteiche und Abwasserkanäle beobachtet wurden (6,5-7,1‰) (Herbeck and Unger, submitted). Dies deutet auf die Neubildung von Nitrat über die Nitrifizierung hin, bei der stark fraktioniert wird, wodurch bei hohen Ammonium-Konzentrationen leichtes Nitrat gebildet wird. Diese Hypothese soll durch weitere Messungen am Nitrat und Ammonium verifiziert werden.

Die  $\delta^{13}\text{C}$  Werte (Abb. 49) variieren in dem für Flüsse und Ästuar charakteristischen Bereich zwischen -29‰ (terrestrisch-fluviatiles Signal) bis -19‰ (marines Signal), wobei entlang des Salzgehaltgradienten eine Mischung beider Quellen stattfindet (McCallister et al., 2006). Vor allem in der Trockenzeit ist der Gradient im Arbeitsgebiet nicht sehr deutlich ausgeprägt, was darauf hindeutet, dass die starken Tiden fluviatiles Material bis in die Bucht hinaustragen und so terrestrisch-fluviatiles und marines Material einheitlich vermischen. Während der Regenzeit sind die beiden Endmember deutlicher voneinander getrennt, was vor allem durch den erhöhten Flusseintrag zu erklären ist.

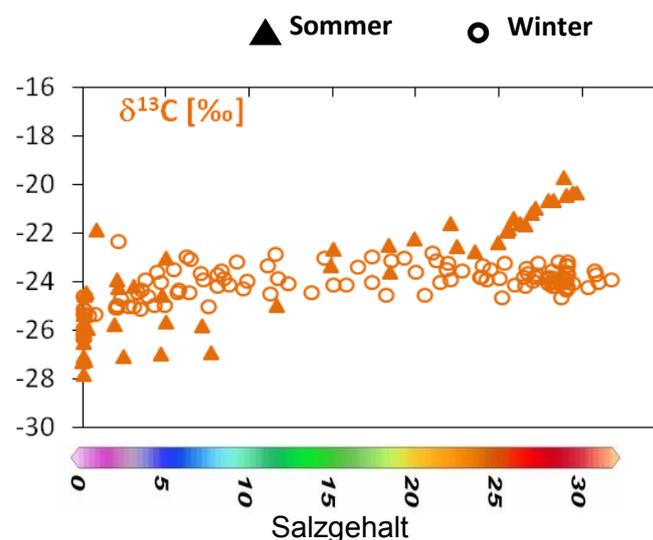


Abb. 49:  $\delta^{13}\text{C}$  des suspendierten partikulären Materials im Fluss, Ästuar und dem Küstengewässer aufgetragen gegen den Salzgehalt jeweils getrennt für die feuchte Sommer- und die trockene Winterzeit.

**Aminosäuren, Aminosucker und Chl *a*.** Die Verteilung der Chlorophyll *a* Gehalte entlang des Salzgehaltgradienten (Abb. 50) zeigt, dass eine erhöhte Produktion von Phytoplankton vor allem im Küstenwasser mit seiner geringeren Trübung auftritt. Daneben konnten wir ein sekundäres Maximum im inneren Ästuar beobachten, das zumindest z.T. auf den Austrag benthischer Algen aus den angrenzenden Mangrovenflächen zurückzuführen sein dürfte. Das Chl *a*/POC Verhältnis wird oftmals dazu genutzt, um den Beitrag aus planktonischer Produktion zum gesamten partikulären Kohlenstoff abzuschätzen. Dabei deuten erhöhte Werte auf einen hohen Anteil frischen planktonischen Materials relativ zu stärker abgebautem organischen Material (etwa aus Böden oder resuspendierten Sedimenten) hin. Entsprechend weisen die erhöhten Verhältnisse in der Bucht auf die Dominanz der planktonischen Produktion in den Küstengewässern hin.

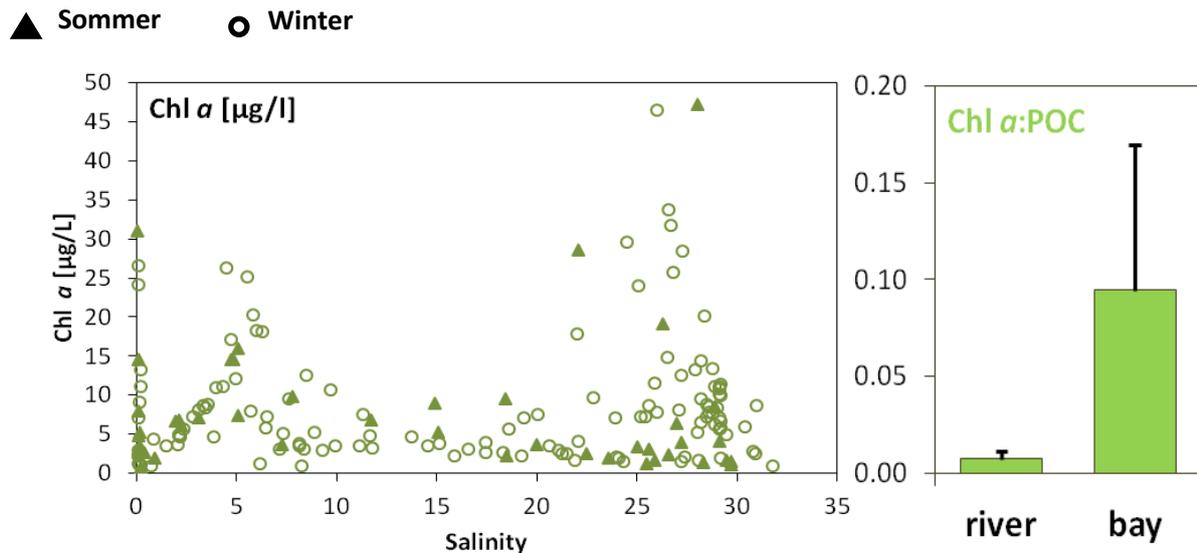


Abb. 50: Die Konzentrationen von Chlorophyll *a* aufgetragen gegen die Salzgehalt jeweils getrennt für die feuchte Sommer- und die trockene Regenzeit (links). Die Abbildung rechts zeigt das durchschnittliche Chl *a*/POC Verhältnis für Proben aus dem Fluss (Salzgehalt <1) und den Gewässern der Bucht (Salzgehalt >25).

Ein Querschnitt der Proben aus der Regenzeit 2010 (n=17) und der Trockenzeit 2011 (n=21) verdeutlicht, dass suspendiertes Material aus den Aquakulturteichen generell erhöhte Gehalte an Aminosäuren (AA) und Aminosucker (AS) aufweist und dass dieses organische Material labil (frisch) ist, wie am erhöhten Reaktivitätsindex (RI) erkennbar ist (Abb. 51). Im Vergleich mit Flüssen auf Hainan (Unger et al., 2012) ist das suspendierte Material aus dem Nan Liu unabhängig von der Jahreszeit stärker degradiert und relativ arm an AA und AS. Dies kann durch die erhöhte Trübung des Nan Liu durch suspendiertes Material und die dadurch verursachte Lichtlimitierung der Primärproduktion erklärt werden.

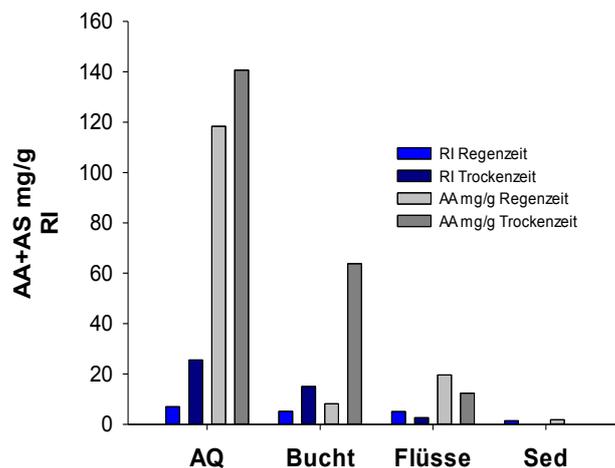


Abb. 51: Mittlere AA+AS Konzentrationen sowie der RI für Suspension aus den Aquakulturteichen (AQ), der Bucht, den Flüssen sowie einiger Sedimente (Sed) für die Regenzeit 2010 und die Trockenzeit 2011.

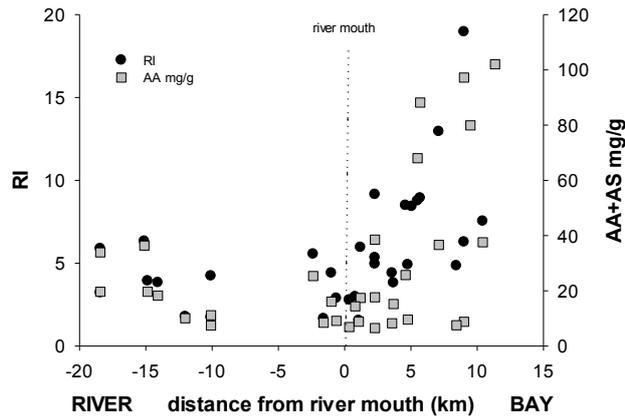


Abb. 52: Der RI und die Konzentration an Aminosäuren und Aminosugaren entlang des Land-See-Kontinuums. Erhöhte RI-Werte im Küstengewässer zeigen frisch produziertes planktonisches Material an, das gleichzeitig zu erhöhten AA+AS Konzentrationen beiträgt.

In den Küstengewässern konnten wir besonders ausgeprägt im Frühjahr 2011 zur Trockenzeit eine Planktonblüte beobachten, die sich, wie oben beschrieben, in erhöhten Chlorophyll a-Gehalten manifestierte und zu einer Anreicherung aminosäurehaltigen, frischen organischen Materials führte (Abb. 52). Als Grundlage für diese Blüte muss der fluviatile Eintrag von Nährstoffen in das Küstengebiet bei gleichzeitig abnehmender Trübung gelten. Ob es sich bei der Blüte um ein jahreszeitliches oder episodisches Phänomen handelt, können wir aufgrund der niedrigen zeitlichen Auflösung der Beprobungen nicht sagen.

**Die Rolle der Nan Liu Mangroven als Nährstofffilter.** Eines der zentralen Ziele des Vorhabens war es, die Rolle der Mangroven für die Stoffflüsse im Nan Liu-Ästuar zu untersuchen. Generell können Mangroven sowohl als Senke als auch als Quelle für Nährstoffe und organisches Material fungieren. Dieses Vermögen wurde schon als Möglichkeit diskutiert, um Mangroven als natürliche Filter für Einträge aus dem Hinterland zu nutzen und dadurch vorgelagerte Küstenökosysteme vor erhöhten Einträgen zu schützen (Robertson und Phillips, 1995; Tam und Wong, 1996).

Um die Aufnahmekapazität der Mangroven im Nan Liu-Ästuar zu untersuchen, haben wir Inkubationsexperimente an mehreren intakten Sedimentkernen aus dem Mangrovegebiet durchgeführt sowie in Zusammenarbeit mit der AG Böttcher am IOW an mehreren Kernen aus den Mangroven gelöste anorganische Nährstoffe gemessen. Um die mögliche jahreszeitliche Variabilität zu erfassen, haben wir die Untersuchungen während des kalten, trockenen Frühjahrs 2011 und im warmen, feuchten Sommer 2011 durchgeführt. Eine qualitative Abschätzung der Mangrove als Stoffsenke oder -quelle wurde durch einen Vergleich der Zusammensetzung der Wassermassen, die in die Mangroven einfließen, mit der der ausfließenden Wassermassen durchgeführt.

In den Kern-Experimenten wurden Flüsse von Sauerstoff, gelösten anorganischen Nährstoffen als auch gelöstem organischen Stickstoff (DON) und Kohlenstoff (DOC) gemessen. Um auch den Einfluss von Photosynthese auf die Stoffflüsse zu berücksichtigen, haben wir die Experimente unter Licht (ermöglicht Photosynthese) und unter abgedunkelten Verhältnissen durchgeführt. Kontrollansätze ohne Sediment sollten die Rolle des Sediments auf die Flüsse verdeutlichen.

Da die Sauerstoffflüsse immer in das Sediment gerichtet waren, gehen wir von heterotrophen Verhältnissen im Sedimentkörper aus. Die Netto-Flüsse waren im Frühling niedriger als im Sommer und im Hellen niedriger als im Dunkeln. Das spiegelt eine größere Respiration im Sommer wieder, möglicherweise ausgelöst durch die höheren Temperaturen. Die Stickstoffflüsse waren dominiert

von einer Aufnahme von Nitrat im Sommer und von Ammonium im Frühling. Flüsse in das Sediment können mit den erhöhten Nitrat-Konzentration im überliegenden Wasser erklärt werden, die einen Fluss in das Sediment ermöglichen (Pratihary et al., 2009; Teague et al., 1988). Die Abgabe von Nitrit zeugt von aktiven Stickstoffumwandlungen im Sediment. Während beider Jahreszeiten fungierten die Sedimente als Netto-Senke für DIN, was vor allem auf Nitratreduktion in den suboxischen Sedimenten zurückgeführt werden kann. Trotz hohen Konzentrationen in den Porenwässern zeigten Phosphat und Silikat meist ins Sediment gerichtete Flüsse, was wahrscheinlich durch eine Aufnahme durch Mikrophytobenthos bedingt ist.

Über das gesamte Jahr fungieren die Mangrovensedimente des Nan Liu als Nettosenke für alle gelösten Nährstoffe, obwohl es zeitliche Variationen in Höhe und Richtung der Flüsse gibt. Die stärkste beobachtete Variabilität konnte auf die Auswirkung des Tropensturms Nesat zurückgeführt werden, der eine starke Ventilation und Umlagerung des Sediments bewirkte und Veränderungen in den Porenwasserprofilen und den Sediment-Wasser-Flüssen mit sich brachte.

Insgesamt verringert der Mangrovenwald im Nan Liu die anthropogen erhöhten Konzentrationen an Nitrat und Phosphat im ästuarinen Wasser vor allem durch benthische Aufnahmeprozesse. Allerdings spielt dies aufgrund der geringen Mangrovenflächen gegenwärtig keine quantitativ bedeutsame Rolle im Stoffkreislauf des Nan Liu-Ästuars. Im Gegensatz zu Nitrat und Phosphat erhöht sich die Konzentration von gelöstem Silikat und gelöstem organischen Kohlenstoff durch den Mangrovenaustrom. Dadurch verschieben sich die Nährstoffverhältnisse in den ästuarinen Gewässern zugunsten einer Dominanz der silikatschaligen Diatomeen. Dies ist vorteilhaft für das Nahrungsnetz der Küstengewässer. Durch weitere Veränderungen in der fluviatilen Nährstoffzufuhr kann dieses Verhältnis jedoch nachteilig gestört werden. Die hier skizzierten Ergebnisse sind ausführlich in einer eingereichten Publikation dargestellt (Kaiser et al., eingereicht, siehe Abschnitt 6.1)

#### **Referenzen:**

- Alongi, D.M., (2002): Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental Conservation*, 29.
- Amante, C. and B. W. Eakins, (2009): ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24, 19 pp.
- Antonov, J. I.; Seidov, D.; Boyer, T. P.; Locarnini, R. A.; Mishonov, A. V.; Garcia, H. E.; Baranova, O. K.; Zweng, M. M.; Johnson, D. R. (2010): World Ocean Atlas 2009, Volume 2: Salinity. S. Levitus, Ed. NOAA Atlas NESDIS 69, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 184 pp.
- Anderson, C., Cabana, G., (2006): Does  $\delta^{15}\text{N}$  in river food webs reflect the intensity and origin of N loads from the watershed? *Science of the total Environment*, 367, 968-978.
- ASQ (1994): Approach to the Assessment of Sediment Quality, Florida Department of Environmental Protection, p. 65 ff.
- Bhakta, J. N.; Son, L. T.; Muneke, Y. (2009): Distribution and Potential Impact of Metal Pollutants in the Coastal Environment: A Case Study with Special Reference to Coastal Aquaculture in Red River Delta of Viet Nam, *Electronic Journal of Biology*, 5(2), 22-27
- Berg, P., Risgaard-Petersen, N., Rysgaard, S. (1998): Interpretation of measured concentration profiles in sediment pore water. *Limnology & Oceanography* 43, 1500-1510.
- Böttcher, M., Voss, M., Schulz-Bull, D., Schneider, R., Leipe, T., Knöller, K., (2010): Environmental changes in the Pearl River Estuary (China) as reflected by light stable isotopes organic contaminants. *J. Mar. Syst.* 82, 43-53.
- Bricaud, A., Stramski, D. (1990): Spectral Absorption Coefficients of Living Phytoplankton and Nanogal Biogenous Matter: A Comparison between the Peru Upwelling Area and the Sargasso Sea, *Limnology and Oceanography*, 35(3), 562-582.
- Canfield, D.E., Thamdrup, B., Hansen, J.W. (1993): The anaerobic degradation of organic matter in Danish coastal sediments: Iron reduction, manganese reduction, and sulfate reduction. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 57, 3867-3883.

- Carton, J. A. and Giese, B. S., (2008): A Reanalysis of Ocean Climate Using Simple Ocean Data Assimilation (SODA), *Monthly Weather Review*, 136 (8), 2999-3017, DOI: 10.1175/2007MWR1978.1
- Chen, M., Chen, J., Sun, F., (2008a): Agricultural phosphorus flow and its environmental impacts in China. *Science of The Total Environment* 405, 140-152.
- Chen, M., Chen, J., Sun, F., (2010): Estimating nutrient releases from agriculture in China: An extended substance flow analysis framework and a modeling tool. *Science of The Total Environment* 408, 5123-5136.
- Chen, N., Hong, H., (2011): Nitrogen export by surface runoff from a small agricultural watershed in southeast China: seasonal pattern and primary mechanism. *Biogeochemistry* 106, 311-321.
- Chen, N., Hong, H., Zhang, L., Cao, W., (2008b): Nitrogen sources and exports in an agricultural watershed in Southeast China. *Biogeochemistry* 87, 169-179.
- Chen, S., Li, Y., Hu, J., Zheng, A., Huang, L., Lin, Y., (2011): Multiparameter cluster analysis of seasonal variation of water masses in the eastern Beibu Gulf. *Journal of Oceanography* 67, 709-718.
- China's maritime books press (2008): 2009 Tide tables, South China Sea.
- Dai, J., Zhang, X., Wang, D., Guo, C., Fang, R., Wang, X., (2011): Water quality change of Nan Liu River in Guangxi Beibu Gulf Economic Zone, International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering, pp. 5629-5632.
- Diaz R., Moreira, M., Mendoza U.N., Machado W., Böttcher, M.E., Santos H., Belém, A., Capilla R., Escher P. & Albuquerque, A.L. (2012): Early diagenesis of sulfur in a tropical upwelling system: Cabo Frio, southeastern Brazil. *Geology* 40, 879-882.
- Ebuchi, N.; Graber, H. C.; Caruso, M. J. (2002): Evaluation of wind vectors observed by QuikSCAT/SeaWinds using ocean buoy data, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 19 (12), 2049-2062, DOI: 10.1175/1520-0426(2002)
- Fan, H., (2005): Ecological security and quality economic policy in coastal areas of Beibu Golf, South China: A case study on Beihai, Guangxi, China, Proceedings of the 2nd Workshop of MAB-Ecotone Phase II and 4th Meeting of SeaBRnet: Integrated ecosystem management – pursuing a quality economy in biosphere reserves, with thematic discussion on biosphere reserve application in large wetland areas in Asia. Enesco Office, Jakarta, Champasak Palace, Pakse District, Champasak Province, Indonesia, pp. 115-119.
- Fogel, M.L., Wooller, M., Cheeseman, J., Smallwood, B.J., Roberts, Q., Romero, I., Meyers, M.J., (2008): Unusually negative nitrogen isotopic composition ( $\delta^{15}\text{N}$ ) of mangroves and lichens in an oligotrophic, microbially-influenced ecosystem. *Biogeosciences* 5, 1693-1704.
- Gao, C., Sun, B., Zhang, T.-L., (2006): Sustainable nutrient management in chinese agriculture: challenges and perspective. *Pedosphere* 16, 253-263.
- He, B., Lai, T., Fan, H., Wang, W., Zheng, H., (2007): Comparison of flooding-tolerance in four mangrove species in a diurnal tidal zone in the Beibu Gulf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 74, 254-262.
- Herbeck, L.S., Unger, D., submitted. Tracing nitrogen dispersal from aquaculture pond effluents using stable nitrogen isotope ratios ( $\delta^{15}\text{N}$ ) in seagrass, epiphytes and phytoplankton bioassays *Marine Ecology Progress Series*.
- Herbeck, L.S., Unger, D., Krumme, U., Liu, S.M., Jennerjahn, T.C., (2011): Typhoon-induced precipitation impact on nutrient and suspended matter dynamics of a tropical estuary affected by human activities in Hainan, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 93, 375-388.
- Hodgkiss, I., Ho, K., (1997): Are changes in N:P ratios in coastal waters the key to increased red tide blooms? *Hydrobiologia* 352, 141-147.
- Jackson, D., and Richardson, M. (2007): High-Frequency Seafloor Acoustics. Monograph Series in Underwater Acoustics. The Underwater Acoustics Series. Springer, New York, pp. 557.
- Kale, S.P., Murthy, N.B.K., Raghu, K., Sherkhane, P.D., Carvalho, F.P., (1999): Studies on degradation of 14C-DDT in marine environment. *Chemosphere*, 39/6, 959-968
- Li, M.S., Lee, S.Y., (1997): Mangroves of China: a brief review. *Forest Ecology and Management* 96, 241-259.
- Liansheng, H. and Bangyan, C. (Editors) (1987): Atlas of Geology and Geophysics of South China Sea – Geology 1:2.000.000. Map Publishing House of Guangdong Province, ISBN-10: 7-80522-004-2 / P 1.
- Liu, S.M., Hong, G.H., Zhang, J., Ye, X.W., Jiang, X.L., (2009): Nutrient budgets for large Chinese estuaries. *Biogeosciences*, 6, 2245-2263.
- Liu, S.M., Li, R.H., Zhang, G.L., Wang, D.R., Du, J.Z., Herbeck, L.S., Zhang, J., Ren, J.L., (2011): The impact of anthropogenic activities on nutrient dynamics in the tropical Wenchanghe and Wenjiaohe Estuary and Lagoon system in East Hainan, China. *Marine Chemistry* 125, 49-68.
- Locarnini, R. A.; Mishonov, A. V.; Antonov, J. I.; Boyer, T. P.; Garcia, H. E. ; Baranova, O. K.; Zweng, M. M.; Johnson, D. R. (2010): World Ocean Atlas 2009, Volume 1: Temperature. S. Levitus, Ed. NOAA Atlas NESDIS 68, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 184 pp.

- Lu, F.H.; Ni, H.-G.; Liu, F.; Zeng, E. Y. (2009): Occurrence of nutrients in riverine runoff of the Pearl River Delta, South China, *Journal of Hydrology*, 376, 107-115, DOI:10.1016/j.jhydrol.2009.07.018
- Lu, B., Liu, Q., and Li, G. (2010): Grain and pore factors in acoustic response to seafloor sediments. *Marine Georesources and Geotechnology* 28, 115-129.
- Lyard, F.; Lefèvre, F.; Tetellier, T.; Francis, O. (2006): Modelling the global ocean tides: a modern insight from FES2004, *Ocean Dynamics*, 56, 394-415.
- McCallister, S.L., Bauer, J.E., Ducklow, H.W., Canuel, E.A., (2006): Sources of estuarine dissolved and particulate organic matter: A multi-tracer approach. *Organic Geochemistry* 37, 454-468.
- Morrison R.D., Brian L. Murphy (2006): Petrogenic PAH Differentiation in Environmental forensics: contaminant specific guide, p. 324 ff.
- Pacanowski, R. C. and Griffies, S. M. (2000): MOM 3.0 manual; NOAA/Geophysical Fluid Dynamics Laboratory
- Panno, S.V., Hackley, K.C., Kelly, W.R., Hwang, H.-H., 2006. Isotopic Evidence of Nitrate Sources and Denitrification in the Mississippi River, Illinois. *Journal of Environmental Quality* 35, 495-504.
- Pratihary, A.K., Naqvi, S.W.A., Naik, H., Thorat, B.R., Narvenkar, G., Manjunatha, B.R., Rao, V.P., (2009): Benthic fluxes in a tropical Estuary and their role in the ecosystem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 85, 387-398.
- Qiu, S., Lai, T., (2004): The composition characteristics of nutrients salts and their relation with the main environmental factors in the Seawater of Lianzhou Bay. *Journal of Guangxi Academy of Sciences (in Chinese with English abstract)* 20, 179-181.
- Ridgway, K. R.; Dunn, J. R.; Wilkin, J. L. (2002): Ocean interpolation by four-dimensional least squares – Application to the waters around Australia, *J. Atmos. Ocean. Tech.*, 19 (9), 1357-1375.
- Robertson, A.I., Phillips, M.J., (1995): Mangroves as filters of shrimp pond effluent: predictions and biogeochemical research needs. *Hydrobiologia* 295, 311-321.
- Spalding, M., Kainuma, M., Collins, L., (2010): *World Atlas of Mangroves*. Earthscan, London Washington D.C.
- Tam, N.F.Y., Wong, Y.S., (1996): Retention of wastewater-borne nitrogen and phosphorus in mangrove soils. *Environmental Technology*, 17, 851-859.
- Tan, H., Zhou, L., Xie, R., Huang, M., (2003): Soil Phosphorus status and crop response in major cropping systems of Guangxi. *Better Crops International* 17, 22-25.
- Teague, K.G., Madden, C.J., Day, J.W., Jr., (1988): Sediment-Water Oxygen and Nutrient Fluxes in a River-Dominated Estuary. *Estuaries*, 11, 1-9.
- Turner, R.E., Rabalais, N.N., (1994): Coastal eutrophication near the Mississippi River delta. *Nature*, 368, 619-621.
- Unger, D., Herbeck, L.S., Li, M., Bao, H., Wu, Y., Zhang, J., Jennerjahn, T., (2012): Sources, transformation and fate of particulate amino acids and hexosamines under varying hydrological regimes in the tropical Wenchang/Wenjiao Rivers and estuary, Hainan, China. *Continental Shelf Research*, in press, available online.
- Uppala, S.M.; Kållberg, P.W.; Simmons, A.J.; Andrae, U.; da Costa, Bechtold, V.; Fiorino, M.; Gibson, J.K.; Haseler, J.; Hernandez, A.; Kelly, G.A.; Li, X.; Onogi, K.; Saarinen, S.; Sokka, N.; Allan, R.P.; Andersson, E.; Arpe, K.; Balmaseda, M.A.; Beljaars, A.C.M.; van de Berg, L.; Bidlot, J.; Bormann, N.; Caires, S.; Chevallier, F.; Dethof, A.; Dragosavac, M.; Fisher, M.; Fuentes, M.; Hagemann, S.; Hólm, E.; Hoskins, B.J.; Isaksen, I.; Janssen, P.A.E.M.; Jenne, R.; McNally, A.P.; Mahfouf, J.-F.; Morcrette, J.-J.; Rayner, N.A.; Saunders, R.W.; Simon, P.; Sterl, A.; Trenberth, K.E.; Untch, A.; Vasiljevic, D.; Viterbo, P.; Woollen, J. (2005): The ERA-40 re-analysis. *Quart. J. R. Meteorol. Soc.*, 131, 2961-3012, DOI:10.1256/qj.04.176.
- Wang, G., Lu, Y., Han, J., Luo, W., Shi, Y., Wang, T. (2010): Hexachlorobenzene sources, levels and human exposure in the environment of China, *Environ. Internat.*, 36, 122-130.
- Wei, M., He, B., Lai, T., 2004. The temporal and spatial distribution of pH value and Do and their relation with the environmental factors during formation of the algal bloom in the Lianzhou bay. *Guangxi Sciences (in Chinese)* 11, 221-224
- Wong, M.H. (2004): *Wetlands Ecosystems in Asia- Function and Management*, p. 178 ff.
- Yan, X., Cai, Z., Yang, R., Ti, C., Xia, Y., Li, F., Wang, J., Ma, A., (2011): Nitrogen budget and riverine nitrogen output in a rice paddy dominated agricultural watershed in eastern China. *Biogeochemistry* 106, 489-501.
- Zhang, J., (1996): Nutrient elements in large Chinese estuaries. *Continental Shelf Research* 16, 1023-1045.

## 2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Auflistung der Ausgaben über die Laufzeit des Vorhabens wurde über die Verwaltung des Institutes zum Projektabschluss an die zuständigen Stellen übermittelt.

### **3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit**

Das Vorhaben BEIBU wurde vom 01.07.2009 bis 31.06.2012 seitens BMBF zur Durchführung der vorgesehenen wissenschaftlichen Arbeiten an Land (Mangroven) und an Bord während zweier Expeditionen finanziert. Die bewilligten Mittel wurden von uns vollständig für die Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen, die Durchführung der Expeditionen, Messkampagnen in den Mangroven, wissenschaftlichen Austausch inklusive Training des wissenschaftlichen Personals (Gastaufenthalte am IOW) sowie die Durchführung von Tagungen ausgenutzt. Satellitendaten waren eine gute Grundlage für die detaillierte Planung der Expedition und für die Validation der Modellergebnisse.

Die vom ZMT durchgeführten Arbeiten entsprachen im Wesentlichen den im Antrag formulierten technischen Zielen. Um die saisonale Variabilität der Prozesse gut auflösen zu können, waren statt der ursprünglich geplanten drei insgesamt vier Expeditionen notwendig. Um im Projektzeitraum möglichst viele der Ergebnisse veröffentlichen zu können bzw. Manuskripte vorbereiten zu können, haben wir uns entschlossen, nur eine begrenzte Anzahl von Proben der aufwendigen Analyse der stabilen N-Isotope an Nitrat und Ammonium zu unterziehen. Aufgrund technischer Probleme haben wir auf die Analyse von Kohlenhydraten zur genaueren Qualifizierung des organischen Materials verzichten müssen.

### **4. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse (des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans)**

Die Ergebnisse des Vorhabens zur holozänen Entwicklung der Region sowie zur Bedeutung anthropogener und natürlicher Einflüsse auf die marine Umwelt der Region bedienen die wissenschaftlichen Fragen der Programme „Forschung für die Nachhaltigkeit“ sowie „System Erde“ und können daher als Grundlagen für die nationale und internationale Politikberatung (IPCC) genutzt werden. Die erzielten Ergebnisse werden von den Kooperationspartnern genutzt (z.B. Modellierung) und als Grundlage für die weiteren Untersuchungen in geplanten bilateralen Projekten herangezogen werden. Desweiteren leistet das Vorhaben einen Beitrag zu dem BMBF-Forschungsprogramm Meeresforschung (PTJ) und insbesondere der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit (WTZ) auf dem Gebiet der Meeresforschung und -Technologie, welche mit China seit 1986 besteht.

Die geplanten Untersuchungen und daraus resultierenden Ergebnisse können über den Projektpartner GMRC in Beihai /Guangxi den regionalen und nationalen Behörden zur Verfügung gestellt werden, um diese bei zukünftigen Managementmaßnahmen berücksichtigen zu können. Dies ist von Bedeutung, da einerseits anthropogen induzierte Umweltveränderungen (z.B. erhöhter Nährstoffeintrag, weitflächiger Verlust der Mangrovenwälder) bereits erhebliche Beeinträchtigungen des ökologischen Zustandes des Nan Liu-Flusssystemes, seines Ästuars mit den Mangrovenflächen sowie der angrenzenden Küstengewässer bewirken, es aber andererseits erhebliche Bemühungen von chinesischer Seite gibt, die Wasserqualität zu verbessern und Mangrovegebiete zu erhalten und wieder aufzuforsten. Außerdem gilt es das öffentliche Interesse an der Bedeutung und dem Schutz der Mangrovegebiete zu verstärken. Dies sind Voraussetzungen dafür, dass auch in Zukunft die ökologischen Funktionen des Flusslaufes und der Mangrovegebiete erhalten bzw. wieder hergestellt werden und die Gebiete und ihre angrenzenden Küstengewässer für die lokale Bevölkerung ökonomisch nutzbar bleiben. Eine entsprechende Datengrundlage ist wichtig vor dem Hintergrund, dass das Gebiet um Beihai einer der regionalen Schwerpunkte des „Guangxi Beibu Gulf Economic Zone Scheme“ (BGEZ) ist, das ein Rahmenprogramm für die Entwicklung Südchinas für den Zeitraum 2006 – 2020 darstellt, und das

sich hauptsächlich auf wirtschaftliche Entwicklung und Ausbau der Handelsbeziehungen konzentriert. Mittlerweile zählen 35% der BGEZ zu einer sogenannten „Eco-Zone“, 11,5% umfassen Naturschutzgebiete und 34% der Küstenlinie stehen unter „Eco-protection“. Dies macht deutlich, welchen hohen Stellenwert der Umweltschutz in der gegenwärtigen politisch-wirtschaftlichen Entwicklung der Region einnimmt.

Die Resultate des Projektes wurden bereits/werden zukünftig gemeinschaftlich in international anerkannten Fachzeitschriften veröffentlicht und auf internationalen Konferenzen präsentiert als Beitrag zur wissenschaftlichen Auseinandersetzung der bearbeiteten Themen. Sie werden inhaltlich Initiativen wie das UNEP/GEF SOUTH CHINA SEA Projekt 'Reversing Environmental Degradation in the South China Sea and Gulf of Thailand' und das GEF-UNDP Programm 'Biodiversity Management in the Coastal Area of China's South Sea' ergänzen.

Im Vergleich mit den Ergebnissen aus dem Forschungsprojekt LANCET, das eine ähnliche Fragestellung in den Küstenzonen der Insel Hainan bearbeitet, wird die Einordnung der Ergebnisse in einen größeren Rahmen und eine übergreifende Einschätzung erlauben. Die Erfahrungen und die gemeinsam mit den chinesischen Partnerinstitutionen gewonnene Expertise aus den bilateralen Projekten LANCET und BEIBU können zukünftig als wertvolle Grundlage für weitere Untersuchungen zum Küstenzonenmanagement in China genutzt werden.

#### **5. Fortschritte von anderen Stellen (des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen)**

Unmittelbar im Anschluss an die zweite Expedition im Dezember 2011 (SO219) des BEIBU-Vorhabens wurde eine weitere Expedition (SO220) in den Golf von Beibu (Arbeitsgruppen Wiesner, Univ. Hamburg; Stattegger, Univ. Kiel und Pohlmann, Univ. Hamburg) durchgeführt als Beitrag zu dem BMBF Projekt TONKIN. Das Arbeitsprogramm stellte teilweise eine sehr gute Ergänzung zu den Arbeiten unseres Vorhabens. Zurzeit wird eine gemeinsame Auswertung der Daten beider Expeditionen angestrebt und diskutiert.

Für den Küstenbereich wurden im Laufe des Verbundes einige Arbeiten veröffentlicht. Die Bedeutung der Flusseinträge in den Beibu Golf über die Küste von Guangxi findet Erwähnung in der Arbeit von Chen et al. (2011): "Multiparameter cluster analysis of seasonal variation of water masses in the eastern Beibu Gulf". Sie können zeigen, dass der Flusseintrag sich vor allem entlang der Küste Guangxis manifestiert, dass eine Vermischung mit marinen Wassermassen jedoch weithin sichtbar bleibt. Den größten Einfluss hat der Flusseintrag erwartungsgemäß während der nassen Sommermonate. Die wichtigsten Faktoren für den N-Export aus einem landwirtschaftlichen Gebiet in Südchina haben Chen & Hong (2011) in ihrer Arbeit „Nitrogen export by surface runoff from a small agricultural watershed in southeast China: seasonal pattern and primary mechanism“ beschrieben. Sie konnten zeigen, dass der N-Export sowohl vom Niederschlag und die daran gekoppelten Abflussraten als auch an menschliche Aktivitäten wie etwa Zeitpunkt des Düngerauftrags abhängig ist. Diese Arbeit stellt eine gute Vergleichsmöglichkeit zu unserem Arbeitsgebiet dar, wo unsere bisherigen Ergebnisse ähnliche Prozesse nahelegen. Vergleichsdaten aus einem Reisbau-dominierten Gebiet im Osten Chinas bieten Yan et al. (2011) mit ihrer Arbeit: "Nitrogen budget and riverine nitrogen output in a rice paddy dominated agricultural watershed in eastern China". Sie konnten zeigen, dass in Abhängigkeit von der Landnutzung der Austrag von N aus einem Gebiet nur einen sehr geringen Anteil des insgesamt über Dünger eingetragenen Stickstoffs ausmachen kann. Dies muss bei der Betrachtung unterschiedlicher Gebiete berücksichtigt werden. Konkrete Daten zu der Wasserqualität im Nan Liu präsentierten Dai et al. (2011) in ihrem Artikel „Water Quality Change of Nan Liu River in Guangxi Beibu Gulf Economic

Zone“. Anhand diverser Wasserqualitätsindikatoren, die von den Autoren über mehrere Jahre an zwei Stationen flussaufwärts von unserem Arbeitsgebiet erhoben wurden, konnte gezeigt werden, dass der Nan Liu stark belastet ist. Als mögliche Quellen werden Landwirtschaft, Abwässer und Tierhaltung genannt. Diese Arbeit liefert wertvolle Hintergrunddaten für unser Projekt und die Einschätzung der Prozesse im Ästuar.

## **6. Veröffentlichungen** der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6

### **6.1 Veröffentlichungen (erschieden, in Begutachtung sowie eingereichte Arbeiten)**

- Bauer, A., Waniek, J.J. (2012): Factors affecting the primary production in the central Beibu Gulf, South China Sea, Marine Ecology Progress Series, in Druck
- Bauer, A., Radziejewska, T., Kai Liang, Kowalski, N., Dellwig, O., Bosselmann, K., Stark, A., Zhen Xia, Harff, J., Böttcher, M.E., Schulz-Bull, D.E., Waniek, J.J. (2012): Regional differences of hydrographical and sedimentological properties in Beibu Gulf, South China Sea. Journal of Coastal Research, in Druck
- Cui Zhenang, Schulz-Bull, D.E., Hou Yueming, Xia Zhen, Waniek J.J. (submitted): Geochemistry of Holocene sediments from Beibu Gulf, South China Sea: Provenance and Paleoenvionment, in revision Marine Geology
- Huayang Gan, Zhangcun Yan, Jinqin Lin (2012): Arsenic, Cadmium and Mercury in Coastal Wetland Sediment of Northern Beibu Gulf, China: Distribution, Accumulation and Contaminant Assessment, Marine Pollution Bulletin, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.09.020>, in Druck
- Kaiser, D., Kowalski, N., Böttcher, M. E., Zabel, M., Unger, D., Bing, Y., (subm.): The role of benthic fluxes and early diagenesis for nutrient dynamics in human impacted mangroves of southern China. Estuarine, Coastal and Shelf Sciences, eingereicht.
- Sun, Ting; Macrander, A.; Kaiser, D. (2012, accepted): A water movement study in Lianzhou Bay, Guangxi Province, China. Journal of Ocean University of China, in Druck
- Xia Zhen, J.J. Waniek, T. Leipe (2012): Anthropogenic fingerprint in Beibu Gulf (South China Sea) sediments, Journal of Coastal Research, in Druck

### **6.2 PhD, Master- und Bachelorarbeiten**

- Bauer, A. (2012): Hydrographical and biogeochemical characterization of the Beibu Gulf, South China Sea, Promotionsschrift der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, Universität Rostock, 145ss (eingereicht)
- Endler, M. (2011): Composition, spatial distribution and dynamics of suspended particulate matter (SPM) in the Beibu Gulf, South China Sea, Masterarbeit, Ernst-Moritz-Arndt-University Greifswald, Institute for Geography and Geology, 64ss
- Kaiser, D. (2012) Die Bedeutung von Mangroven für die biogeochemischen Stofftransporte in die Küstenökosysteme des Beibu Golf unter dem Einfluss anthropogener Veränderungen, FB Geowissenschaften, Universität Bremen (in Vorbereitung)
- Strohmeier, S.J. (2012): Bestimmung von polyzyklischen aromatischen Kohlewasserstoffen in Sedimenten aus dem Süd Chinesischen Meer, Beibu Golf. Bachelorarbeit der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, FB Chemie, Universität Rostock, 56ss

### **6.3 Geplante Veröffentlichungen**

- Endler, M. et al. (2013): Suspended particulate matter in the Beibu-Gulf, South China Sea: composition, spatial distribution patterns and dynamics
- Endler, R. et al.: Acoustic Facies of Beibu Gulf Sediments
- Endler, R. et al.: Geo-Acoustic modeling of Beibu Gulf Sediments
- Endler, R. et al.: Depositional history of Beibu Gulf marine Sediments

- Guanglong Qiu, Binyuan He, Kaiser, D., Haolang Zhou & Unger, D.: Content and stable isotope of C and N in seagrass plants, mangrove leaves and associated sediments in Jiaodong, Pearl Bay, Guangxi, China, as indicator for organic matter sources and transport. In Vorbereitung.
- Kaiser, D., Unger, D., et al.: Natural and human impacts on dissolved nutrient sources and dynamics in a small subtropical Chinese estuary: Nan Liu River, Guangxi, China. In Vorbereitung
- Kaiser, D., Unger, D., et al.: Sources and composition of suspended organic matter in the Nan Liu River and its estuary, Guangxi, China, as evident from stable carbon and nitrogen isotopes and amino acids. In Vorbereitung.
- Kowalski, N., Z. Wu, O. Dellwig, D. Kaiser, Unger, D., Böttcher, M. E.: Biogeochemical trace metal transformations in tropical surface sediments of the Beibu Gulf, South China Sea.
- Neuman, C., Schulz-Bull, D. Persistent organic pollutions in surface sediments of the Beibu Gulf region, South China, Marine Pollution Bulletin
- Stottmeister, I., Siegel, H., Ohde, T., Remote Sensing of Beibu Gulf –Response to monsoon phases, tides, and typhoons.
- Wu, Z., N. Kowalski, Escher P., Dellwig, O. & Böttcher, M. E.: Stable Isotope evidence for carbon cycling during diagenesis in tropical sediments, South China Sea.
- Wu, Z., N. Kowalski, Dellwig, O. & Böttcher, M. E.: Metal transformations and fluxes during diagenesis in tropical sediments, South China Sea.
- Wu et al.: Diagenesis and element transport in sediments of the Beibu Gulf: A biogeochemical and stable isotope study

#### 6.4 Konferenzbeiträge

- Arz, H., Endler, R., Leipe, T., Harff, J., Endler, M. (2010): Beibu-Gulf sediments as indicators for postglacial climate and environmental change 1<sup>st</sup> Sino-German BEIBU Project Meeting, Guangzhou, PR China, October 20-21 2010 (Vortrag)
- Bauer, A., LIU Xiong, YAN Zhangcun, Waniek, J.J. (2010): Role of Qiongzhou Strait for the hydrodynamics and environmental conditions of the Beibu Gulf. 1st Sino-German BEIBU Project Meeting, Guangzhou, PR China, October 20-21 2010 (Vortrag)
- Bauer, A., Stottmeister, I., Waniek, J.J. (2010): The effect of Qiongzhou Strait on the distribution of water properties in the Beibu Gulf under typhoon conditions. Beiratssitzung IOW, Rostock, 04.03.2010 (Poster)
- Bauer, A., Waniek, J.J. (2011): Modeling the biological production in the central Beibu Gulf, 06-07.09.2011 Warnemünde, 2nd Sino-German BEIBU Project Meeting (Vortrag)
- Bauer, A., J.J. Waniek: Effects of physical forcing on primary production in the central Beibu Gulf, South China Sea, 3rd Sino-German BEIBU Project Meeting, 22-24.05.2012, Guangzhou, China (Vortrag)
- Böttcher, M.E., Escher, P., Kowalski, N., Dellwig, O., Bauer, A., Stark, A., Xia, Z. (2011): Stable carbon isotopes in DIC as indicators for biogeochemical carbon cycling in the Beibu Gulf, South China Sea. EGU Meeting, Vienna. Geophys. Res. Abs. 13, #4964
- Cheng, T. , Endler, R. (2011): Geoacoustic modeling of Holocene sediments from Beibu Gulf, 06-07.09.2011Warnemünde, 2nd Sino-German BEIBU Project Meeting (Vortrag)
- Endler, M. Leipe, T., Harff, J. , Xia, Z., Waniek, J., Bauer, A. , Siegel, H., Friedland, R. , Bahlo, R. (2011): Composition, spatial distribution and dynamics of suspended particulate matter (SPM) in the Beibu Gulf, South China Sea, 06-07.09.2011Warnemünde, 2nd Sino-German BEIBU Project Meeting (Vortrag)
- Endler, R., Endler, M., Xia, Z., Cheng, T., Schulz-Bull, D., Waniek, J.J., Harff, J., Plewe, S., Nickel, G., (2012): Acoustic Facies of Beibu Gulf Sediments, 3rd Sino-German BEIBU Project Meeting, 22-24.05.2012, Guangzhou, China (Vortrag)
- Endler, M., Leipe, T., Bauer, A., Friedland, R., Gan Huayang, Xia, Z., Waniek, J.J., Siegel, H., Bahlo, R. (2012): Facies and distribution patterns of surface sediments and suspended particulate matter in the Beibu Gulf, South China Sea, 3rd Sino-German BEIBU Project Meeting, 22-24.05.2012, Guangzhou, China (Vortrag)

- Friedland, R., Neumann, T., (2011): Modeling the Beibu Gulf, 06-07.09.2011 Warnemünde, 2nd Sino-German BEIBU Project Meeting (Vortrag)
- Friedland, R., Neumann, T., (2012): Modeling the Beibu Gulf; SECEB-Workshop Szczecin; 10.1.2012, (Vortrag)
- Friedland, R., Neumann, T., (2012): A 3D-model of the Beibu Gulf, 3rd Sino-German BEIBU Project Meeting, 22-24.05.2012, Guangzhou, China (Vortrag)
- Harff, J., Arz, H., Endler, M., Endler, R., Leipe, T., Kai Liang, Zhen Xia (2012): Holocene sediments in the Beibu Gulf - I., 3rd Sino-German BEIBU Project Meeting, 22-24.05.2012, Guangzhou, China (Vortrag)
- Harff, J. et al (2012): Holocene sediments and environmental change at the north-western shelf of the South China Sea - a case study from the Beibu Gulf. 34 International Geological Congress, 5-10.08.2012, Brisbane (Vortrag, invited)
- Huayang Gan, Arz, H., Harff, J. Leipe, T., Xia, Z. (2012): Summary of geological sampling during two correlative cruises and implications of relative element content in master cores in Beibu Gulf (Holocene sediments in the Beibu Gulf - II.) , 3rd Sino-German BEIBU Project Meeting, 22-24.05.2012, Guangzhou, China (Vortrag)
- Kaiser, D., et al. (2011): Seasonal and spatial distribution of dissolved nutrients in Nan Liu Jiang and Lian Zhou Bay, Gulf of Beibu, 06-07.09.2011 Warnemünde, 2nd Sino-German BEIBU Project Meeting (Vortrag)
- Kaiser, D., Unger, D. (2012): Nutrient and Oxygen Fluxes across the Sediment-water-interface in Mangroves of a Eutrophicated Estuary in South China. 50. ECSA Konferenz: Today's science for tomorrow's Management. Venice, 3-7.06.2012 (Vortrag)
- Kaiser, D., Tinghe Lai, Binyuan He, Bing Yan, Peijian Dai, Unger, D. (2012): Land-sea fluxes of nitrogen and organic matter from a small catchment under multiple human pressures: the Nan Liu River, Guangxi, South China. GV and SEDIMENT meeting 2012: Of Land and Sea: Processes and Products, Hamburg, 23.-28.9. 2012 (Vortrag)
- Kaiser, D., Unger, D., Guanglong Qiu, Haolang Zhou (2012): Impact of anthropogenic activities and mangroves on the nutrient and organic matter fluxes to the northern Beibu Gulf, 3rd Sino-German BEIBU Project Meeting, 22-24.05.2012, Guangzhou, China (Vortrag)
- Kowalski, N., et al (2011): Biogeochemical carbon and trace metal cycling in the Beibu Gulf, 06-07.09.2011 Warnemünde, 2nd Sino-German BEIBU Project Meeting (Vortrag)
- Kowalski, N., Dellwig, O., P. Escher, A. Stark, M.E. Böttcher (2012): Early diagenesis in sediments of the Beibu Gulf, South China Sea: Constraints from trace elements, and stable S and C isotopes. EGU Meeting, Vienna. Geophys. Res. Abs. 14, #6123
- Leipe, T., Endler, M. , Endler, R. , Xia, Z.2, Liang, K., Harff, J., Arz, H. (2011): Paleoenvironmental records from sediment cores recovered during the BEIBU cruise with Fendou-5, 06-07.09.2011 Warnemünde, 2nd Sino-German BEIBU Project Meeting (Vortrag)
- Neumann, C. (2011): Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and other POS in surface sediments of the Beibu Gulf, China, 06-07.09.2011 Warnemünde, 2nd Sino-German BEIBU Project Meeting (Vortrag)
- Neumann, C., Kaiser, D., Unger, D., Schulz-Bull, D. (2012): Persistent organic Pollutions in surface sediments of the northern Beibu Gulf, China, Mai 2012, Guangzhou, 3rd Sino-German BEIBU Project Meeting, 22-24.05.2012, Guangzhou, China (Vortrag)
- Schulz-Bull, D.E., Waniek, J.J., Arz, H. (2010): SONNE Expedition 2011 and future perspectives. 1st Sino-German BEIBU Project Meeting, Guangzhou, PR China, October 20-21 2010 (Vortrag)
- Schulz-Bull, D., Zheng Zhichang, J. Harff, J.J. Waniek, Xia, Z. (2012): Review of the joint CGS-GMGS-IOW Chinese-German project Holocene environmental evolution and anthropogenic impact of Beibu Gulf, South China Sea, 3rd Sino-German BEIBU Project Meeting, 22-24.05.2012, Guangzhou, China (Vortrag)
- Siegel, H., Ohde, T., Gerth, M., Stottmeister, I. (2010): MERIS Validation in the Baltic Sea and Beibu Bay, ESA MERIS Validation workshop, GKSS, Lauenburg, 29.-31.03.2010 (Vortrag)

- Stark A., Bauer A., Bosselmann K., Böttcher M.E., Schulz-Bull D.E., Leipe T., Harff J., Xia C., Zheng Z.C., Waniek J.J. (2010): Biogeochemical and hydrographical investigations in the Beibu Gulf, South China Sea during southwest Monsoon: First Results from the FENDOU-5 cruise. EGU Meeting, Vienna. Geophys. Res. Abs. 12, #3700
- Stottmeister, I., Siegel, H., Ohde, T. (2010): Remote Sensing of Beibu Gulf – Response to monsoon phases, tides, and typhoons. 1st Sino-German BEIBU Project Meeting, Guangzhou, PR China, October 20-21 2010 (Vortrag)
- Stottmeister, I., Siegel, H. (2011): Identifying and characterising specifics of Beibu Gulf from space. 2nd Sino-German BEIBU Project Meeting, Warnemünde, Germany, 06-07.09.2011 (Vortrag)
- Stottmeister, I., Siegel, H., Ohde, T. 2012. Characterization of Beibu Gulf by satellite data and in situ measurements. 3rd Sino-German BEIBU Final Project Meeting, Guangzhou, PR China, May 22-23, 2012 (Vortrag)
- Tomczak, M., Truszkowska, A., Zhang Jinpeng, Witkowski, A., Bauer, A., Waniek, J.J. (2012): The composition of plankton in water samples collected during the Beibu Gulf on board of Fendou-5 cruise in late September and October 2009, 3rd Sino-German BEIBU Project Meeting, 22-24.05.2012, Guangzhou, China (Vortrag)
- Unger, D., Kaiser, D., Su Mei Liu, Herbeck, L.S., Jennerjahn, T.C. & Haolang Zhou (2012): Impact of Anthropogenic Pressure on the Nitrogen Load in Two Contrasting Estuaries in Southern China. 50. ECSA Konferenz: Today's science for tomorrow's Management, Venice, 3.-7.06. 2012, Poster
- Waniek, J.J. (2010): Gulf of Beibu and its importance for the South China Sea. 1st Sino-German BEIBU Project Meeting, Guangzhou, PR China, October 20-21 2010 (Vortrag)
- Waniek, J.J., Bauer, A. (2012): Hydrographic condition in the Beibu Gulf, South China Sea. SECEB Workshop, University Szczecin, 10.01.2012, Szczecin, Poland (Vortrag)
- Waniek, J.J., Bauer, A. (2012): Hydrographic condition in the Beibu Gulf, South China Sea during transition time from SW to NE monsoon. at the School of Life Sciences and Biotechnology, State Key Laboratory of Microbial Metabolisms, State Key Laboratory of Ocean Engineering of the Shanghai JiaoTong University, 25.05.2012, Shanghai, Vortrag (eingeladen)
- Xia, Z., Waniek, J.J. (2011): Review of marine environment in the Beibu Gulf, the South China Sea, September 2011, 06-07.09.2011, Warnemünde, 2nd Sino-German BEIBU Project Meeting (Vortrag)

### **6.5 Ausbildung wissenschaftlichen Nachwuchses**

- Waniek J.J. (2009): Indications of climate change in coastal seas, 2 tägige Vorlesungsreihe am GMGS, Guangzhou, V.R. China

### **6.6 Öffentlichkeitsarbeit**

- Waniek, J.J., XIA, Z. (2010): Status der marinen Umwelt des Beibu Golfs, Südchinesisches Meer, und Entwicklung während des Holozäns im Wechselfeld natürlicher und anthropogener Einflüsse, China Woche an der Universität Rostock, Rostock 26-30.04.2010 (Vortrag)
- Waniek, J.J., XIA, Z. (2010): Von der Ostsee nach Fernost: Expedition im Südchinesischen Meer. China Woche an der Universität Rostock, Rostock 26-30.04.2010 (Vortrag)
- Xia Z., Waniek, J.J. (2009): Erste Ergebnisse der FENDOU5 Expedition, Nacht der Kulturen, 17. Oktober 2009, Interview mit Liveschaltung zwischen Rostock und Guangzhou

### **III. Abschnitt**

#### **1. Der Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen, z.B des Förderprogramms - (ggf. unter Angabe des Schwerpunkts) - soweit dies möglich ist - ,**

Das Vorhaben leistete einen Beitrag zu dem BMBF-Forschungsprogrammen Meeresforschung (PTJ) und insbesondere der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit (WTZ) mit China. Die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit mit China auf dem Gebiet der Meeresforschung und -technologie besteht seit 1986. Im Rahmen der WTZ werden wissenschaftliche Fragestellungen der Programme "Forschung für die Nachhaltigkeit" und "System Erde" in Form bilateraler Projekte umgesetzt. Die Beteiligung an internationalen Forschungsprogrammen zur Lösung globaler Probleme, der Ausbau und die Verbesserung bilateraler Beziehungen und der Zugang zu interessanten Forschungsregionen sind drei wesentliche Ziele der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit. Darüber hinaus zielen die Kooperationen auf politische Stabilisierung und Aufbauhilfe sowie Technologieexport und Markterschließung insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen. Die unmittelbaren Küstenregionen sind zudem ein bedeutender Lebens- und Erholungsraum: 70% der Weltbevölkerung lebt in Küstennähe. Die nachhaltige Nutzung der Meere und ihrer Ressourcen kann nur gewährleistet werden, wenn entsprechende Strategien entwickelt werden. Die Basis dafür kann die marine Forschung liefern. Schwerpunkte sind das Meer als Klimafaktor und Ökosystem, marine Ressourcen, Meeres- und Überwachungstechnik sowie Küstenzonen-Management und Küsteningenieurwesen.

#### **2. Das wissenschaftlich-technische Ergebnis des Vorhabens, die erreichten Nebenergebnisse und die gesammelten wesentlichen Erfahrungen**

Die wissenschaftlichen Ziele des Projektes, einschließlich der beiden Expeditionen (FENDOU5 und SONNE 219), wurden im Rahmen der vorliegenden Genehmigungen erreicht. Daten sowie Probenmaterial hoher Qualität wurden von beteiligten Wissenschaftlern erhoben und ohne Schwierigkeiten nach Abschluss der Reise in die heimischen Labore überführt. Der Erfolg der Expeditionen wird auf beiden Seiten hoch angesehen, was dazu führte, dass auf deutscher und chinesischer Seite (GMGS/CGS) zurzeit Überlegungen stattfinden, die erfolgreiche Kooperation fortzuführen. Hierzu wurde im Oktober 2012 (15.10.2012) zunächst zwischen dem IOW und Guangzhou Marine Geological Survey (GMGS) bzw. China Geological Survey (CGS) ein Kooperationsvertrag (Memorandum of Understanding) für einen Zeitraum von weiteren 5 Jahren unterschrieben. Dem MOU werden dann auf beiden Seiten fachspezifische Projektanträge folgen.

#### **3. Die Fortschreibung des Verwertungsplans:**

##### **3.1 Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte, die vom Zuwendungsempfänger oder von am Vorhaben Beteiligten gemacht oder in Anspruch genommen wurden, sowie deren standortbezogene Verwertung (Lizenzen u.a.) und erkennbare weitere Verwertungsmöglichkeiten**

nicht zutreffend

##### **3.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont) - z.B. auch funktionale/wirtschaftliche Vorteile gegenüber Konkurrenzlösungen, Nutzen für verschiedene**

## **Anwendergruppen/-industrien am Standort Deutschland, Umsetzungs- und Transferstrategien (Angaben, soweit die Art des Vorhabens dies zulässt)**

nicht zutreffend

### **3.3 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont) - u.a. wie die geplanten Ergebnisse in anderer Weise (z.B. für öffentliche Aufgaben, Datenbanken, Netzwerke, Transferstellen etc.) genutzt werden können. Dabei ist auch eine etwaige Zusammenarbeit mit anderen Einrichtungen, Firmen, Netzwerken, Forschungsstellen u.a. einzubeziehen.**

Das Vorhaben BEIBU ist ein innovativer, interdisziplinärer Forschungsansatz zum verbesserten Verständnis anthropogener und natürlicher Einflüsse im Beibu Golf im Bezug auf hydrologische und biogeochemische Kreisläufe, welches in einer engen bilateralen deutsch-chinesischen Kooperationen stattgefunden hatte. Methodisch wurde eine komplexe interdisziplinäre Beprobungsstrategie auf zwei Expeditionen (FENDOU5 & SONNE219) eingesetzt, die Analysen historischer Datensätze (GMGS), satellitengestützte Aufnahmen und in situ Messungen miteinander verknüpfte. Die gewählte Messstrategie stellte nach dem gegenwärtigen Stand der Forschung die zweckmäßigste Methode dar, das angestrebte Ziel zu erreichen. Die einschlägigen und anerkannten Vorarbeiten der am Vorhaben BEIBU beteiligten Partner waren eine gute Voraussetzung dafür, dass das angestrebte Ziel des Projektes erreicht wurde. Die biogeochemischen, geologischen Analysen und die Spurenstoffmessungen sowie die Auswertungsarbeiten werden in Zusammenarbeit der Projektbeteiligten in Deutschland und in China durchgeführt.

Die zu kurze Projektdauer, insbesondere das Fehlen der finanziellen Unterstützung für die im Anschluss an die zweite Expedition notwendigen Mittel für die Durchführung der Auswertearbeiten verhinderte teilweise eine zügige Bearbeitung der gesammelten Proben (SO219) und wird sich negativ auf eine rasche Veröffentlichung der Ergebnisse auswirken.

### **3.4 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase bzw. die nächsten innovatorischen Schritte zur erfolgreichen Umsetzung der Ergebnisse**

Generelles Ziel des BEIBU Projektes (WTZ China Verbundprojekt, PTJ 03F0607A & 03F0607B, Laufzeit 1.7.2009 – 30.6.2012) ist eine Bilanzierung von meso- bis langskaligen Energie- und Stoffflüssen des Beibu Golfs als Antwortfunktion auf natürliche und anthropogene Antriebe. Der Beibu Golf spielt eine wichtige Rolle für das Verständnis der Änderungen der Ablagerungsbedingungen subrecenter Sedimente und die Bilanz aus küstennahem Stoff-Eintrag, oberflächennahem Abbau von organischem Material, und dadurch induzierter Element-Flüsse in den Küstenzonen des Süd Chinesischen Meeres. In seiner holozänen Sedimentationsgeschichte bildet er das Wechselspiel von Monsundynamik/Südllicher Oszillation, klimainduzierter ozeanographischer Dynamik, postglazialer Meeresspiegelentwicklung, Sedimenteintrag sowie tektonischer Prozesse ab. Hinzu kommt eine anthropogene Komponente, die sich aus der Landnutzung in den fluviatilen Drainagebecken und der Küstenzonen ableitet. Im Verlauf des Projektes wurden detaillierte Untersuchungen zur Hydrographie, Umweltchemie, Biogeochemie und Fernerkundung mit dem übergeordneten Ziel durchgeführt eine räumliche und zeitliche Charakterisierung der Region für den Zeitraum des SW Monsuns (FENDOU5, SO219, historische Daten GMGS) bezüglich der biogeochemisch wichtigsten Elemente (C, N, P,

Metalle, Nährstoffe, Schadstoffe) zu erstellen. Durch Untersuchungen in der Wassersäule, SPM sowie Sediment sollen Beiträge zum Verständnis der Quellen, Senken und Transformationen von organischem Material, organischer Umweltschadstoffe und ausgewählter Spurenelemente erzielt werden. Weiterhin ist vorgesehen, mit Hilfe von sediment-physikalischen, paläoozeanographischen und geochemischen Indikatoren Beiträge zum Verständnis des holozänen Wandels von Klimaparametern, ozeanographischer Zirkulation und anthropogenen Einflüssen zu liefern. Ein wichtiger Aspekt unserer Arbeiten war zu untersuchen, welche Rolle Mangroven, Flüsse und Aquakulturanlagen für den Eintrag von Nährstoffen sowie gelöstem und partikulärem Material in die Küstengewässer des Arbeitsgebietes im nördlichen Golf von Beibu spielen. Dabei sollte der Einfluss anthropogener Eingriffe auf die Stoffflüsse identifiziert und die Auswirkungen auf die Biogeochemie der Küstengewässer abgeschätzt werden.

#### **4. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben**

nicht relevant

#### **5. Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer - z.B. Anwenderkonferenzen (Angaben, soweit die Art des Vorhabens dies zulässt)**

Gemäß der Vorgaben wurde 1) unmittelbar nach Abschluss der Forschungsreisen eine Stationsliste, ein Cruise Summary Report (CSR) sowie ein Fahrtbericht samt Anlagen an die zuständigen Organisationen abgegeben und 2) spätestens ein Jahr nach Beendigung des Projektes werden folgende Daten in die Pangäa-Datenbank eingeben: CTD, Nährstoffdaten, SPM und Strömungsmesseraufzeichnungen. Alle gewonnenen Datensätze werden ebenfalls in der IOW Datenbank gesichert und auf Nachfrage anderen Arbeitsgruppen zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse der Analysen sind in die laufenden Promotionsarbeiten eingeflossen (vergl. 6.2). Alle beteiligten Wissenschaftler werden die erzielten Ergebnisse auf internationalen und nationalen Kongressen präsentieren und diese in renommierten Zeitschriften veröffentlichen (vergl. 6.1 & 6.3).

#### **6. Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung**

Das Vorhaben BEIBU hat sowohl die Ausgaben als auch die Zeitplanung eingehalten. Eine kostenneutrale Verlängerung des Projektes bis zum 30.09.2012 (IOW) bzw. bis zum 31.10.2012 (ZMT) wurde beantragt und genehmigt. Mit den zugewiesenen Mitteln wurde sparsam und wirtschaftlich umgegangen.

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN <b>geplant</b>	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) <b>Schlussbericht</b>
3. Titel Status der marinen Umwelt des Beibu Golfs, Südchinesisches Meer, und Entwicklung während des Holozäns im Wechselfeld natürlicher und anthropogener Einflüsse ( <i>Holocene environmental evolution and anthropogenic impact of Beibu Gulf, South China Sea</i> ) & Die Bedeutung von Mangroven für die biogeochemischen Stofftransporte in die Küstenökosysteme des Beibu Golfs unter dem Einfluss anthropogener Veränderungen	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]  Joanna Waniek, Detlef Schulz-Bull, Thomas Leipe, Herbert Siegel, Nicole Kowalski, Iris Stottmeister, Thomas Neuman, Rene Friedland, Helge Arz, Rudolf Endler, Michael Endler, Michael Böttcher, Andrea Bauer, Michal Tomczak, Daniela Unger, David Kaiser	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.09.2012 bzw. 30.10.2012  6. Veröffentlichungsdatum geplant  7. Form der Publikation Fachzeitschriften
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  Leibniz Institute for Baltic Sea Research, Warnemünde, Seestraße 15, 18119 Rostock, Germany  Leibniz Zentrum für Marine Tropenökologie, Fahrenheitstrasse 6, 28359 Bremen	9. Ber. Nr. Durchführende Institution   10. Förderkennzeichen 03F0607A und 03F0607B  11. Seitenzahl 71
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 164  14. Tabellen 4  15. Abbildungen 52
16. Zusätzliche Angaben Beibu Verbundprojekt (WTZ China)	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung Im Rahmen des WTZ China: BEIBU Vorhabens wurde am Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde an der Universität Rostock (IOW) in enger Zusammenarbeit mit dem Guangzhou Marine Geological Survey (GMGS) unter Beteiligung von dem Leibniz Zentrum für Marine Tropenökologie in Bremen (ZMT) und Guangxi Mangrove Research Centre (GMRC) im Zeitraum vom 01.07.2009 bis 30.06.2012 ein bilaterales Projekt durchgeführt. Das generelles Ziel des Projektes war eine Bilanzierung von meso- bis langskaligen Energie- und Stoffflüssen des Beibu Golfs als Antwortfunktion auf natürliche und anthropogene Antriebe. Der Beibu Golf spielt eine wichtige Rolle für das Verständnis der Änderungen der Ablagerungsbedingungen subrezenten Sedimente und die Bilanz aus küstennahem Stoff-Eintrag, oberflächennahem Abbau von organischem Material und dadurch induzierter Element-Flüsse in den Küstenzonen des Südchinesischen Meeres. Im Verlauf des Projektes und insbesondere der beiden Expeditionen wurden detaillierte Untersuchungen zur Hydrographie, marinen Geologie, Umweltchemie, Biogeochemie und Fernerkundung durchgeführt mit dem übergeordneten Ziel, eine biogeochemische Charakterisierung der Region zu erstellen. Durch Untersuchungen in der Wassersäule sowie der Sedimente sollen Beiträge zum Verständnis der Quellen, Senken und Transformationen von organischem Material, organischer Umweltschadstoffe und ausgewählter Spurenelemente erzielt werden. Weiterhin ist vorgesehen, mit Hilfe von sediment-physikalischen und geochemischen Indikatoren Beiträge zum Verständnis des holozänen Wandels von Klimaparametern, ozeanographischer Zirkulation und anthropogenen Einflüssen zu liefern. Weitere Ziele sind Untersuchungen der Einträge von gelösten und partikulären organischen Substanzen und Nährstoffen in der Küstenregion der Guangxi-Provinz sowie zur Funktion der Mangroven bei den Stoffumsätzen und Stofftransporten. Anhand biogeochemischer und isotopengeochemischer Untersuchungen an gelöstem und partikulärem Material aus dem Nan Liu-Fluss, seinem Ästuar sowie den angrenzenden Küstengewässern sollten die anthropogenen Belastungen charakterisiert sowie Quellen und Umsetzungsprozesse gelöster und partikulärer Kohlenstoff- und Stickstofffraktionen entlang des Land-Meer-Kontinuums untersucht werden.	
19. Schlagwörter  Zirkulation, Biogeochemie, Schadstoffe, Holozän, Süd Chinesisches Meer, Beibu Golf, Golf von Tonkin	
20. Verlag	21. Preis

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN planned	2. type of document (e.g. report, publication) Final report
3. title Status der marinen Umwelt des Beibu Golfs, Südchinesisches Meer, und Entwicklung während des Holozäns im Wechselfeld natürlicher und anthropogener Einflüsse ( <i>Holocene environmental evolution and anthropogenic impact of Beibu Gulf, South China Sea</i> ) & Die Bedeutung von Mangroven für die biogeochemischen Stofftransporte in die Küstenökosysteme des Beibu Golfs unter dem Einfluss anthropogener Veränderungen	
4. author(s) (family name, first name(s)) Joanna Waniek, Detlef Schulz-Bull, Thomas Leipe, Herbert Siegel, Nicole Kowalski, Iris Stottmeister, Thomas Neuman, Rene Friedland, Helge Arz, Rudolf Endler, Michael Endler, Michael Böttcher, Andrea Bauer, Michal Tomczak, Daniela Unger, David Kaiser	5. end of project 30.09.2012 bzw. 30.10.2012
	6. publication date planned
	7. form of publication Scientific journals
8. performing organization(s) (name, address)  Leibniz Institute for Baltic Sea Research, Warnemünde, Seestraße 15, 18119 Rostock, Germany  Leibniz Zentrum für Marine Tropenökologie, Fahrenheitstrasse 6, 28359 Bremen	9. originator's report no.
	10. reference no. 03F0607A und 03F0607B
	11. no. of pages 71
12. sponsoring agency (name, address)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 164
	14. no. of tables 4
	15. no. of figures 52
16. supplementary notes Beibu Verbundprojekt (WTZ China)	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract The WTZ China bilateral BEIBU project " <i>Holocene environmental evolution and anthropogenic impact of Beibu Gulf, South China Sea</i> " took place from July 2009 to June 2012 in collaboration between IOW, GMGS, ZMT and GMRC. Intensive investigations of the water column, the sediment properties and structure were carried out during two cruises within the Chinese territorial waters in the Beibu Gulf (Gulf of Tonkin), which will improve our knowledge regarding sources/sinks and transformation processes of organic matter, organic pollutants and selected trace elements. Studies of sediment physical and geochemical indicators will enhance our understanding of Holocene changes of climate parameters and anthropogenic influence. The input of dissolved and particulate organic substances and nutrients in the Guangxi province coastal region as well as the role of the mangroves on material transport was investigated during several field campaigns in the northern part of the gulf in close collaboration between ZMT and GMRC.	
19. keywords circulation, biogeochemistry, organic pollutants, Holocene, South China Sea, Beibu G., Gulf of Tonkin	
20. publisher	21. price