

## Wissenschaftlicher Schlussbericht für das Verbundprojekt

### LANCET - Wechselwirkungen Land-Meer entlang Küstenökosystemen in den Tropen Chinas: Hainan

Förderkennzeichen 03F0620

Berichtszeitraum 1. Februar 2010 bis 31. Dezember 2011



Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie (ZMT) GmbH  
Fahrenheitstr. 6  
28359 Bremen

Abteilung Meereschemie, Universität Bremen (Uni-HB)  
Leobenerstr. NW2  
28334 Bremen

Zentrum für Marine und Atmosphärische Wissenschaften, Institut für Meereskunde der  
Universität Hamburg (Uni-HH)  
Bundesstr. 53  
20146 Hamburg



**Inhaltsverzeichnis**

Zusammenfassung.....	4
1. Einleitung .....	6
2. Arbeitsgebiet .....	7
3. Zusammenfassung der Arbeitsergebnisse der einzelnen Teilprojekte .....	8
3.1 Teilprojekt 1 (ZMT)	
3.1.1 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse.....	8
3.1.2 Publikationen.....	14
3.2 Teilprojekt 2 (ZMT) .....	
3.2.1 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse.....	15
3.2.2 Publikationen.....	22
3.3 Teilprojekt 3 (Uni-HH).....	
3.3.1 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse.....	23
3.3.2. Publikationen.....	26
3.4 Teilprojekt 4 (Uni-HB).....	27
3.4.1 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse.....	27
3.4.2. Publikationen.....	36
3.5 Teilprojekt 5 (ZMT) .....	
3.5.1 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse.....	37
3.5.2 Publikationen.....	48
4. Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	50
5. Kommunikation und Veröffentlichung der Ergebnisse .....	50
6. Ergebnisse Dritter mit Relevanz für das Vorhaben .....	51
7. Akademischer Austausch.....	51
8. Capacity Building ..	52
9. Literatur .....	53

Anhang

A1	Workshopbericht .....	57
A2	Eingereichte/veröffentlichte Manuskripte für einen Sonderband in Continental Shelf Research .....	84
A3	Kurzfassungen der erschienenen Einzelpublikationen.....	86
A4	Kurzfassungen der eingereichten Einzelpublikationen.....	91
A5	Tagungsbeiträge .....	95
A6	Zusammenfassungen der Abschlussarbeiten .....	98
A7	Berichtsblatt .....	105
A8	Document Control Sheet.....	106

## Zusammenfassung

Das Verbundprojekt LANCET (Land-Sea Interactions along Coastal Ecosystems of Tropical China: Hainan) wurde im Rahmen eines deutsch-chinesischen Kooperationsabkommens im Bereich der Meereswissenschaften entwickelt. Vier chinesische und drei deutsche Forschungseinrichtungen beteiligen sich an diesem. Das Projekt verfolgte das Ziel die Wechselwirkungen zwischen Land und Meer am Beispiel der tropischen Insel Hainan im Südchinesischen Meer zu untersuchen. Wie in vielen Teilen der Tropen, sind auch in Hainan vorkommende Mangrovenwälder, Seegraswiesen und Korallenriffe zunehmend tiefgreifenden Veränderungen durch menschliche Aktivitäten (zunehmende Urbanisierung, Aquakultur, Landwirtschaft) und klimatische Einflüsse ausgesetzt. Innerhalb der letzten Jahre stieg in China das Bewusstsein diese natürlichen Ressourcen nachhaltig zu managen. Jedoch fehlen bislang dafür noch systematische Untersuchungen, die den allgemeinen Zustand der Systeme sowie die Hauptgefährdungsfaktoren aufzeigen. Die Ergebnisse aus LANCET sollen daher dazu beitragen, diese Wissenslücke zu schließen.

Innerhalb der ersten LANCET-Förderphase (Oktober 2006-Januar 2010) wurden vier Expeditionen an der Nordostküste Hainans gemeinsam mit den chinesischen Projektpartnern durchgeführt. Während der Feldphasen wurden umfangreiche ökologische, biogeochemische, meereschemische und ozeanographische Untersuchungen durchgeführt. In der LANCET-Förderphase II (Februar 2010-Dezember 2011) konnten die gewonnenen Ergebnisse durch eine vertiefte Datenauswertung der Vielzahl von Proben weiter aufgearbeitet werden. Während LANCET I erkannte Wissenslücken konnten zudem durch zusätzliche Untersuchungen geschlossen werden. Innerhalb der zweiten Förderphase konnten die gewonnenen Ergebnisse außerdem in einer Vielzahl von Publikationen in internationalen Wissenschaftszeitschriften veröffentlicht, viele davon in einem Sonderband der Zeitschrift *Continental Shelf Research*, und weitere Manuskripte angefertigt werden.

Es konnte gezeigt werden dass das Wenchang/Wenjiao Ästuar stark von den Abwässern der Aquakulturateiche beeinflusst ist. Es wurde abgeschätzt, dass jährlich 920 Tonnen Stickstoff und 25 Tonnen Phosphat durch Aquakulturabwässer in das Ästuar eingeleitet werden. Anhand von stabilen Stickstoffisotopenverhältnissen konnte demonstriert werden, dass sich der aus der Aquakultur stammende Stickstoff sowohl in der Wassersäule, als auch im Sediment, sowie dem gesamten ästuarinen Nahrungsnetz widerspiegelt. Das Ästuar stellt gleichzeitig einen großen Filter dar, sodass die Abwässer der innerhalb der ästuarinen Lagune befindlichen Aquakulturanlagen einen weitaus geringeren Einfluss auf angrenzende Küstenbereiche haben als Aquakulturanlagen, welche direkt entlang der Küstenlinie angesiedelt sind. Letztere verursachten ein hohes Maß an Eutrophierung in den Rückriffbereichen. Hohe Nährstoffkonzentrationen sowie eine dadurch angeregte Algenproduktion wirken sich auch negativ auf die Seegraswiesen in den betroffenen Rückriffbereichen aus, was anhand einer verringerten Artenvielfalt, Triebdichte und Biomasse sowie einem erhöhten Epiphytenbefall der Seegräser an den Abwässer-exponierten Bereichen festzustellen war. Niedrige Schwefelisotopen-Werte in Seegrasblättern weisen zusätzlich auf das Eindringen giftiger Sulfide in das Seegrasgewebe hin, was auf eine hohe mikrobielle Aktivität auf Grund starken Eintrags von organischem Material zurückzuführen ist.

Zusätzlich zu den Nährstoffausträgen aus Aquakulturanlagen kommt es während Starkregenereignissen – insbesondere bei Taifun-assoziierten – zu einem starken Austrag von nährstoffreichen Düngemitteln, organischem Material und Sedimenten aus

dem landwirtschaftlich geprägtem Hinterland, welcher zusätzliche Eutrophierungserscheinungen in den Küstengebieten auslöst.

Jedoch ist nicht nur ein erhöhtes Nährstoffaufkommen Grund für den starken Algenbewuchs auf den Seegräsern, sondern auch die fehlende Fraßkontrolle durch Fische in den Rückriffbereichen. Die Fischbiomasse in den untersuchten Rückriffbereichen liegt im Vergleich zu Literaturangaben im untersten Bereich und ist auf enorme Überfischung zurückzuführen. Auch das Wenchang/Wenjiao Ästuar weist einen hohen Grad an Überfischung auf, welche zu einem großen Teil auf die ausgiebige Senkennetzfischerei in dem Ästuar zurückzuführen ist.

Meereschemische Untersuchungen in den Ästuaren zeigten, dass von typisch anthropogenen Schwermetallen (z.B. Arsen, Quecksilber, Cadmium, Blei) keine aktuelle Gefährdung der Küstenökosysteme ausgeht, da diese durch Verdünnung und Überführung in die Sedimente auf ein geringes Konzentrationsniveau gebracht werden. Auch der Gehalt an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in Sedimenten und Schwebstoffen ist im Vergleich zu Literaturangaben eher niedrig bis mäßig.

Es konnte gezeigt werden, dass während des Sommermonsuns an der Ostküste Hainans ein Auftrieb kühlen, nährstoffreichen Wassers stattfindet. Die Ausprägung dieses Auftriebs hängt stark von der Windrichtung ab. Eine starke räumliche Variabilität entlang der untersuchten Küstenlinie deutet zudem darauf hin, dass auch topographische Faktoren eine wichtige Rolle spielen. Insgesamt ist anzunehmen, dass es innerhalb der letzten 20 Jahre auf Grund der globalen Erwärmung zu einer Intensivierung des Küstenauftriebs kam. Diese Hypothese wird bestärkt durch die Erkenntnisse, dass der Windstress vor der Nordostküste Hainans während der letzten 20 Jahre zugenommen hat.

Für eine Verstärkung des Auftriebs vor Hainan spricht auch das Ansteigen der aus einem Korallenbohrkern rekonstruierten Salinität ab 1950. Gewonnene Ergebnisse aus dem Bohrkern einer *Porites lutea* Kolonie weisen desweiteren auf eine Zunahme des jährlichen Längenwachstums der Korallenkolonie in den letzten 30 Jahren hin. Dies korreliert positiv mit der globalen Erwärmung, dem El Niño Southern Oscillation Index, sowie den lokalen Temperaturen. Erhöhte Temperaturen und ein durch Auftrieb verstärktes Nährstoffangebot scheinen das Wachstum der beprobten Koralle vor Hainan besonders in den ENSO-Jahren zu begünstigen, wodurch der wachstumshemmende Einfluss der Ozeanversauerung bislang scheinbar kompensiert werden konnte. Jedoch sind die Riffe vor der Nordost-Küste Hainans generell in keinem guten Zustand, was im Wesentlichen auf lokale Einflüsse wie Eutrophierungserscheinungen und zerstörerische Fischereimethoden zurückzuführen ist.

Während der zweiten Förderphase von LANCET konnten zwei Doktorarbeiten und eine Vielzahl von Diplom- und Bachelorarbeiten fertiggestellt werden. Außerdem wurden die Forschungsergebnisse auf internationalen Tagungen vorgestellt. Desweiteren kam es zum Wissensaustausch und Gelegenheit zur Erstellung der gemeinsamen Publikationen während zwei bilateralen Projektworkshops in Haikou (März 2010) und Shanghai (September 2011). Während dieser wurden auch konkrete Empfehlungen für ein nachhaltiges Management der Küstenzone Hainans entwickelt.

## 1. Einleitung

Die natürlichen Strukturen und Funktionen von Küstenökosystemen haben sich im Laufe der letzten Jahrhunderte durch Eingriffe des Menschen immer stärker verändert. Landwirtschaft, Errichtung von Staudämmen und Waldrodungen verändern die Stoffflüsse vom Land zum Meer. Weitere Faktoren, welche die Küstengebiete beeinflussen, sind die Einleitung von Abwässern aus Industrie und Haushalten, Überfischung, Tourismus und das Betreiben von Aquakulturen. Einen zusätzlichen Stressfaktor stellen der Klimawandel und seine Rückkopplungen dar. Die tropischen und subtropischen Meeresgebiete der Asiatisch-Pazifischen Region sind besonders von diesen Veränderungen betroffen. Die starke Belastung der Küstenzonen durch die hohe Bevölkerungsdichte der Region und die intensive wirtschaftliche Nutzung (Fischerei, Tourismus, Aquakulturen) einerseits, sowie die grosse marine Artenvielfalt andererseits, macht sie für das Studium der Wechselwirkung Land-Meer und deren Auswirkung auf Küstenökosysteme besonders interessant. Chinas Küstenzonen nehmen einen großen Teil dieser ökologisch und ökonomisch wichtigen Region ein.

Das Verbundprojekt LANCET (Land-Sea Interactions along Coastal Ecosystems of Tropical China: Hainan) wurde im Rahmen eines deutsch-chinesischen Kooperationsabkommens entwickelt und hat zum Ziel, die Wechselwirkungen zwischen Land und Meer am Beispiel der tropischen Insel Hainan im südchinesischen Meer zu verstehen. Die Küstenlinie von Hainan weist eine Vielfalt von Habitaten auf, darunter Felsküsten, Sandstrände, Mangroven, Seegraswiesen und Korallenriffe. Im Gebiet der Ostküste Hainans wurden umfangreiche ökologische, biogeochemische und ozeanographische Untersuchungen durchgeführt, die Aussagen über den Zustand der einzelnen Habitate und deren Wechselwirkungen untereinander erlauben. Die erzielten wissenschaftlichen Ergebnisse sollen zu den laufenden Initiativen Chinas beitragen, eine nachhaltige Nutzung der Küstenregion Hainans zu erreichen.

An den Projektaktivitäten nehmen Wissenschaftler des State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research der East China Normal University (SKLEC/ECNU, Shanghai), der Ocean University of China (OUC, Qingdao), des Second Institute of Oceanography (SIO, Hangzhou) sowie des Hainan Provincial Marine Development Plan and Design Resesearch Institute (HPMDDI, Haikou, Hainan) teil. Auf deutscher Seite beteiligen sich das Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie (ZMT, Bremen) sowie die Abteilung Meereschemie der Universität Bremen und das Institut für Meereskunde der Universität Hamburg. Die Koordination von LANCET erfolgt durch das SKLEC/ECNU in Shanghai und das ZMT in Bremen.

Der vorliegende Schlussbericht fasst die Ergebnisse aus der zweiten Förderphase des Projektes LANCET zusammen (1. Februar 2010 bis 31. Dezember 2011). Ziel der zweiten Förderphase war es, die während der ersten Förderphase begonnenen analytischen Arbeiten abzuschließen und zur ursprünglichen Zielsetzung neu hinzugekommene Aspekte zu bearbeiten. Vor allem sollten alle Ergebnisse gemeinsam mit den chinesischen Partnern ausgewertet und publiziert, sowie im Rahmen bilateraler Workshops unter Beteiligung weiterer interessierter deutscher und chinesischer Arbeitsgruppen diskutiert werden. Die erhaltenen Gesamtergebnisse sollen als Grundlage für die Weiterentwicklung der deutsch-chinesischen Zusammenarbeit im Bereich der Meeresforschung dienen.

## 2. Arbeitsgebiet

Die Insel Hainan liegt im südlichsten Teil Chinas im Südchinesischen Meer und ist mit 33.920 km<sup>2</sup> die größte Insel im Südchinesischen Meer. Hainan hat eine Bevölkerung von 8 Millionen Menschen (2002). Seit 1980 hat Hainan den Status einer Sonderwirtschaftszone. Die Region ist durch ein tropisches Monsunklima charakterisiert. Die Trockenzeit dauert in der Regel von November bis April, während sich die Regenzeit über die Monate Mai bis Oktober erstreckt. Starke Niederschläge sind sehr oft an Taifune geknüpft, die vor allem zwischen Juni und September auftreten. Die Insel lässt sich in mehrere Klimaregionen einteilen, die durch unterschiedliche Niederschlagsverteilungen und Temperaturmuster geprägt sind. Eng an die Niederschlagsverteilung gekoppelt sind die jahreszeitlich variierenden Einträge kleiner und mittlerer Flüsse, die das Hinterland der Insel mit den Küstengewässern verbinden.

Die Küstenlinie von Hainan hat eine Länge von rund 1.550 km und weist eine Vielfalt von Habitaten auf, darunter Wattflächen, Sand- und Felsküsten, Ästuar, Seegraswiesen, Mangroven und Korallensaumriffe. Die Korallenriffe, Mangroven und Seegraswiesen haben durch ihre Ressourcen und ökologischen Funktionen eine besondere gesellschaftliche Bedeutung und sind die Lebensgrundlage für große Teile der lokalen Bevölkerung. Ihre Erhaltung und nachhaltige Nutzung ist daher für die sozio-ökonomische Entwicklung in den Küstengebieten von entscheidender Bedeutung.

Die Feldarbeiten wurden während der ersten Förderphase des Projektes in Flüssen/Ästuaren, Mangroven und Küstengewässern des nordöstlichen Küstengebietes der Insel Hainan durchgeführt, das sich zwischen Boao und Wenchang erstreckt (siehe Abb. 1).

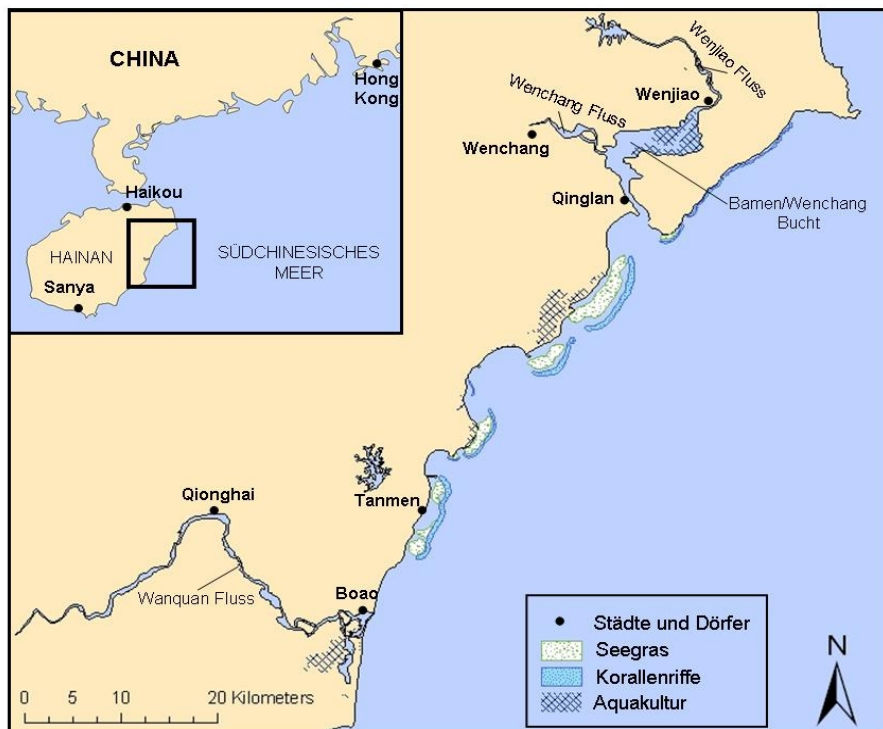


Abbildung 1: Überblick über das Arbeitsgebiet im Osten Hainans (Karte erstellt von Lucia Herbeck)

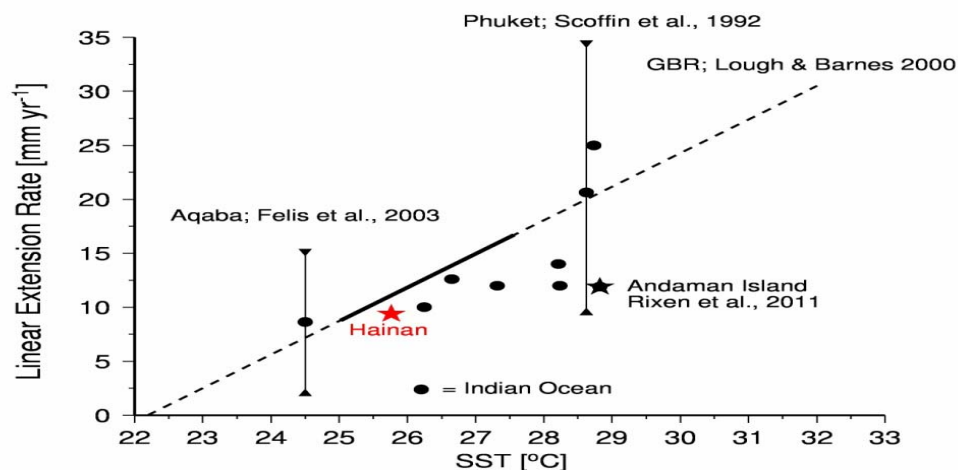
### 3. Zusammenfassung der Arbeitsergebnisse der einzelnen Teilprojekte

#### 3.1 Teilprojekt 1 „Rekonstruktion regionaler Klima- und Umweltsignale aus Korallenbohrkernen“ (Dr. Tim Rixen, ZMT)

##### 3.1.1 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse

Das Ziel der noch laufenden Arbeiten dieses Teilprojektes ist es, den Einfluss des Monsuns sowie die Auswirkungen der sich ändernden Landnutzung auf die Riffe Hainans unter Berücksichtigung von Klima-anomalien wie *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) zu untersuchen. Dafür wurde Ende August 2007 ein knapp einen Meter langer Skelettkern aus einer *Poriteslutea* Korallenkolonie gebohrt. Die Kolonie wuchs in vier Meter Wassertiefe in einem Riff etwa einen Kilometer vor der Küste Hainans, vor dem Hafentort Tanmen (110.4°E, 19.1N). An dem Skelett konnten Wachstumscharakteristiken und geochemische Parameter für den Zeitraum von 1896 bis 2007 in beinahe monatlicher Auflösung gewonnen werden. Das entspricht über 1000 Messwerten pro Parameter.

Zur Interpretation dieser Daten wurden Wassertemperaturen herangezogen, die von der Quinglan Station auf Hainan (110.8°E, 19.5N) gemessen wurden, sowie Satellitendaten (OI-SST;(Reynolds *et al.*, 2002)) und die sogenannten rekonstruierten Ozean-Oberflächentemperaturen (RST;(Banzon *et al.*, 2010)). Die Quinglan-Temperaturen decken den Zeitraum von 1960 bis heute ab, die OI-SST-Werteden Zeitraum seit 1982, und die RST-Werte gehen zurück bis 1854. Diese drei Temperatur-Zeitserien sind signifikant miteinander korreliert.



**Abbildung 2:** Die linearen Wachstumsraten von *Porites* in Abhängigkeit von den mittleren Wassertemperaturen (OI-SST). Die schwarzen Punkte sind Daten aus dem Indischen Ozean (Chakraborty and Ramesh, 1993; Pfeiffer *et al.*, 2006; Tudhope *et al.*, 1996; Zinke *et al.*, 2004). Die Dreiecke markieren Bereiche von Wachstumsraten die im Golf von Aqaba(Felis *et al.*, 2003) und vor Phuket (Scoffin *et al.*, 1992) gemessen wurden. Der schwarze Stern zeigt Daten aus dem Golf von Bengalen (Rixen *et al.*, 2011) und der rote Stern die Hainan-Daten. Die Line ist eine Regressionsgerade, die anhand von Daten aus dem Great Barrier Reef gewonnen wurde (Lough and Barnes, 2000).



Unsere Ergebnisse zeigen, dass die beprobte Koralle in den letzten ca. 30 Jahren im Mittel um 9,4 mm/Jahr wuchs. Untersuchungen am Great Barrier Reef weisen daraufhin, dass das Längenwachstum von *Porites*-Arten von der mittleren Wassertemperatur abhängt und zunimmt je wärmer es wird (Lough and Barnes, 2000). Andere Untersuchungen im Indischen Ozean lassen zudem vermuten, dass neben den Wassertemperaturen weitere physikalische Faktoren, wie die Stärke der auftretenden Strömungen oder auch Solitonen das Wachstum der Korallen nachhaltig beeinflussen können (Schmidt, 2010; Scoffin *et al.*, 1992). D.h. je nach lokaler Strömungsexposition, bzw. je nachdem auf welcher Seite einer Insel die Korallen sich befinden, kann ihr Wachstum bei ähnlichen oder sogar gleichen Wassertemperaturen deutlich variieren. Das Wachstum der Koralle vor Hainan entspricht jedoch in etwa dem aufgestellten linearen Zusammenhang mit der Temperatur (Abb. 2). Dies deutet zunächst darauf hin, dass die beprobte Koralle keinen außergewöhnlichen physikalischen Stressfaktoren ausgesetzt war.

Das Längenwachstum dieser Koralle war nicht konstant, sondern nahm im Laufe der Zeit von Werten von 7,8 mm/Jahr um 1900 bis auf die zuvor erwähnten 9,4 mm/Jahr während der letzten ca. 30 Jahre zu. Die Zunahme des Längenwachstums korreliert positiv mit der globalen Erwärmung ( $r = 0.463$ ,  $n = 110$ ,  $p < 0.0001$ ), mit dem El Niño Southern Oscillation Index (SOI;  $r = 0.369$ ,  $n = 104$ ,  $p < 0.001$ ) sowie in einem schwächerem Maß mit den lokalen Temperaturen (RST,  $r=0.296$ ,  $n=110$ ,  $p < 0.005$ ). Das lässt vermuten, dass der Anstieg der Temperaturen, der besonders in den ENSO-Jahren deutlich wird, das Längenwachstum der beprobten Koralle positiv beeinflusst. Da sich diese Beziehung nur relativ schwach in der Korrelation zwischen dem Längenwachstum und den lokalen Temperaturen widerspiegelt, ist davon auszugehen, dass neben den Temperaturen noch weitere treibende Faktoren auftreten.

Die mittleren monatlichen Längenwachstumsraten zeigen, dass die Koralle im Frühjahr von März bis Juli mehr als doppelt so schnell wächst wie in der verbleibenden Zeit des Jahres (Abb. 3c). Genau in diesen Monaten im Frühjahr werden auch die jährlichen Dichtebänder angelegt (Abb. 3b), so dass man davon ausgehen kann, dass die Kalzifizierung in dieser Zeit mehr als doppelt so hoch ist wie in den anderen Monaten. Gleichzeitig finden sich in dieser extremen Wachstumsphase auch die höchsten, d.h. schwersten Werte der stabilen Kohlenstoffisotope ( $\delta^{13}\text{C}$ , Abb. 3c). Es wird vermutet, dass in dieser Jahreszeit die Photosyntheseleistung der Symbionten besonders hoch ist und es so zu einer Anreicherung des schweren  $^{13}\text{C}$  in der Zellflüssigkeit der Korallenpolypen kommt, aus der diese sich bei der Kalzifizierung an Kohlenstoff bedienen. Der Grund für die erhöhte Photosyntheserate könnte eine verstärkte solare Einstrahlung im Frühjahr sein, die im Laufe der im Sommer einsetzenden Regenzeit und der damit verbundenen Bewölkung reduziert wird (Sun *et al.*, 2008). Die im Frühjahr steigenden Temperaturen wirken sich vermutlich zusätzlich positiv auf das Wachstum aus.

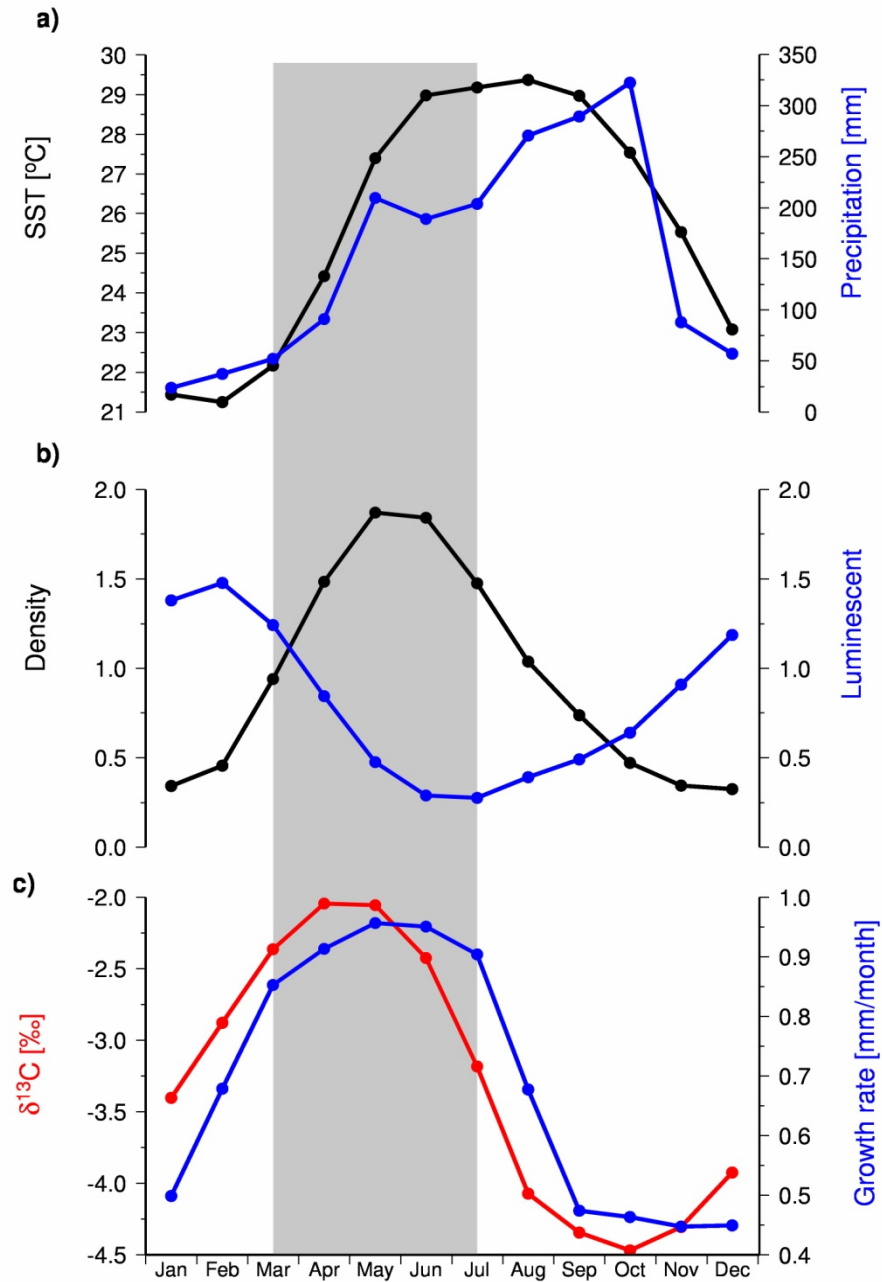
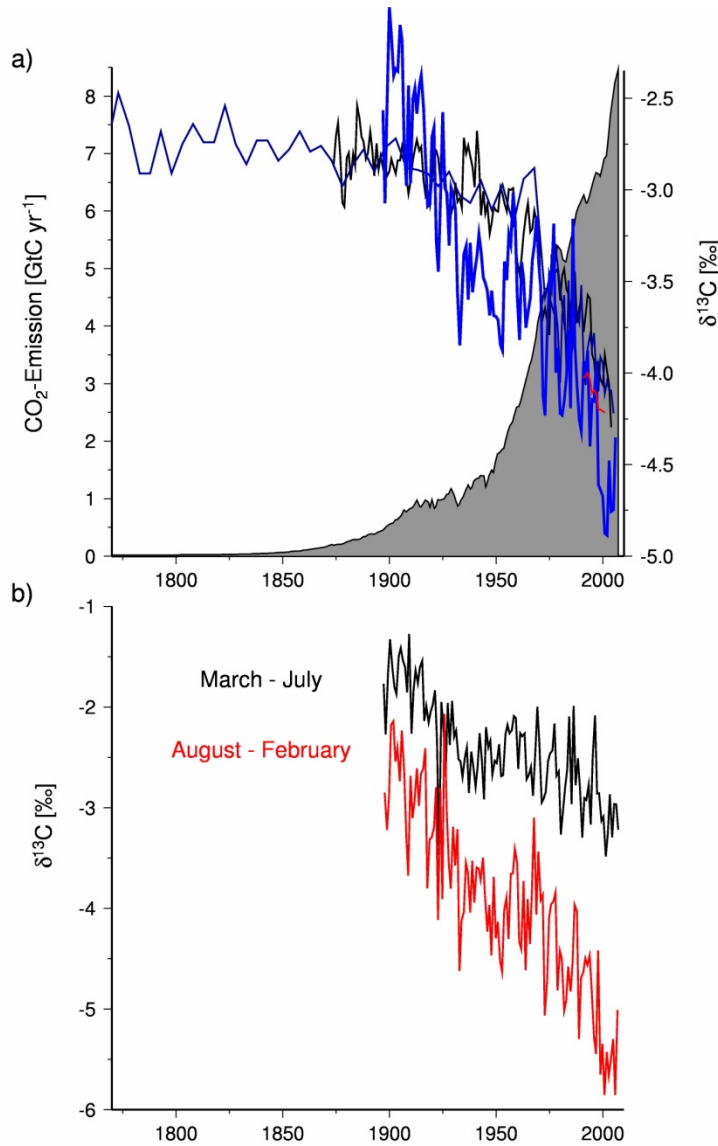


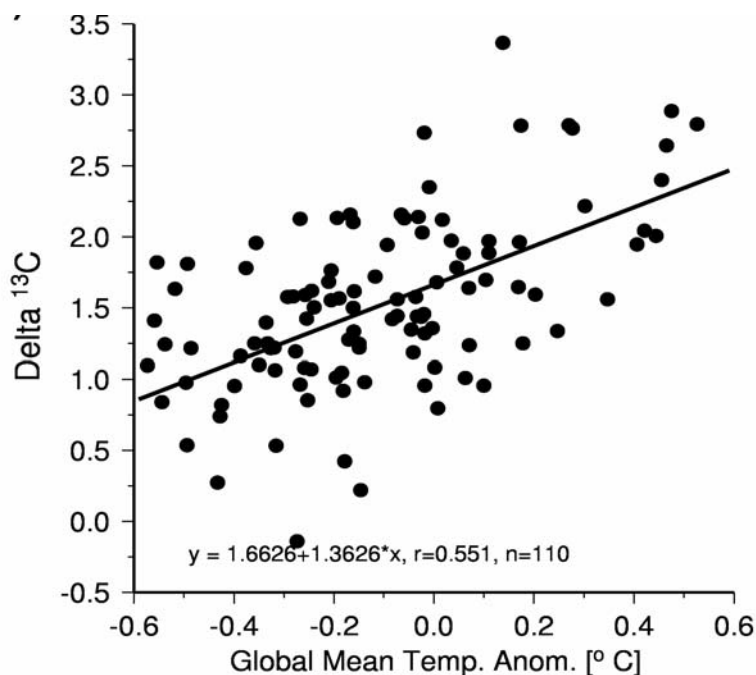
Abbildung 3: Monatlich gemittelte Werte für a) Ozeanoberflächentemperaturen (OI-SST; (Reynolds *et al.*, 2002)) und Regenraten (DWD, 2010), b) Dichte und Lumineszenz, c) δ<sup>13</sup>C-Werte und Wachstumsraten.



**Abbildung 4: (a) Anthropogene CO<sub>2</sub>-Emission (CDIAC) und normierte <sup>13</sup>C-Werte gemessen in verschiedenen Korallen-Bohrkernen im GBR (Pelejero *et al.*, 2005), Kuba (Rixenunpl. Daten), AndamanSea(Rixen *et al.*, 2011), Hainan (fett-blau) sowie in der Atmosphäre an der Mauna Loa Station (rot). (b) Saisonal gemittelte <sup>13</sup>C-Werte gemessen in der Hainan-Koralle.**

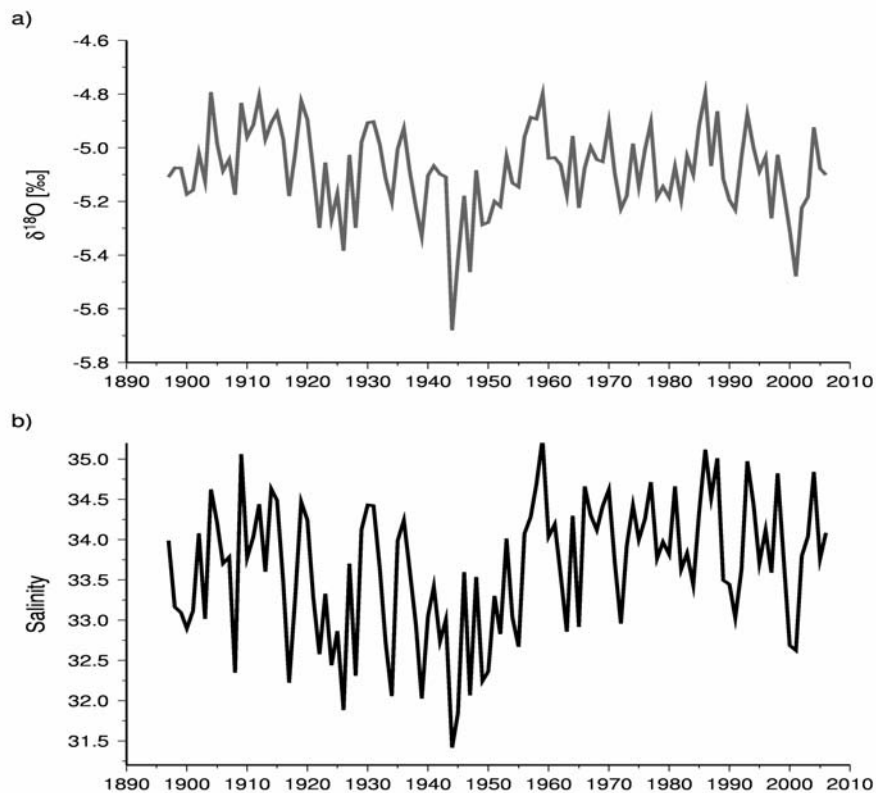
Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte korrelieren zwar mit den Wachstumsraten ( $r=-0.453$ ,  $n=110$ ,  $p < 0.001$ ), jedoch nehmen sie mit zunehmenden Wachstum ab, genau entgegengesetzt den Erwartungen, die die hohen Photosyntheseraten während der Wachstumsphase nahelegen. Der Grund dafür ist zunächst der sogenannte Suess-Effekt (Suess, 1955), der beschreibt, dass die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte im Oberflächenwasser des Ozeans und somit im Korallenskelett aufgrund der anthropogenen Anreicherung des isotopisch leichteren Kohlenstoffs <sup>12</sup>C abnehmen (Abb. 4). Die Korallen bauen also wirklich den Kohlenstoff aus unseren Abgasen in ihr Skelett ein (Swart *et al.*, 2010), und das gilt auch für die beprobte Hainan-Koralle. Um den Einfluss des Suess-Effektes auf die <sup>13</sup>C-Werte zu umgehen, haben wir die Differenz zwischen den  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten in der Wachstumsphase und dem Rest des Jahres gebildet. Je größer die Differenz zwischen diesen beiden

Werten ist, desto ausgeprägter stellt sich die photosynthetisch verstärkte Kalzifizierung dar, die scheinbar, wie auch das Wachstum, mit der globalen Erwärmung zunimmt (Abb. 5).



**Abbildung 5: Die Differenz zwischen  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten aus der Hauptwachstumsphase und dem Rest des Jahres ( $\Delta^{13}\text{C}$ ) dargestellt gegen die Anomalie der mittleren globalen Temperatur (Jones and Salmon, 2010).**

Um nicht auf die globalen Rekonstruktionen der Oberflächentemperaturen (RST, (Banzon *et al.*, 2010)) angewiesen zu sein, haben wir die Strontium/Kalzium-Verhältnisse (Sr/Ca) gemessen, die häufig erfolgreich zur Temperaturrekonstruktion genutzt werden konnten. Die Sr/Ca-Verhältnisse korrelieren zwar mit den lokalen Quinglan-Temperaturen, sowie den OI-SST- und RST-Werten, jedoch zu gering, um die resultierenden Regressionsgeraden zur Rekonstruktion von Wassertemperaturen zu nutzen. Eine Regressionsgerade mit einem besseren Korrelationskoeffizienten wurde allerdings für eine Korallenkolonie weiter südlich vor Sanya veröffentlicht ( $T[^\circ\text{C}] = 210.2 - 19.83 \cdot \text{Sr/Ca}$ , (Gangjian Wei *et al.*, 2000)). Wir haben diese Gleichung verwendet, um unsere Sr/Ca-Verhältnisse in Temperaturwerte in  $^\circ\text{C}$  umzurechnen. Die Differenz zwischen diesen Temperaturen und den RST-Werten korreliert ebenfalls mit der globalen Erwärmung und wird mit zunehmender Erwärmung größer (Abb. 5). Zur Rekonstruktion der Salinität haben wir daher neben den Werten für stabile Sauerstoffisotope ( $\delta^{18}\text{O}$ ) zusätzlich die RST-Werte benutzt (Abb. 6).



**Abbildung 6: (a) Jährlich gemittelte  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte gemessen in der Hainan-Koralle und (b) die daraus rekonstruierte Salinität gegen die Zeit.**

Die rekonstruierte Salinität zeigt einen Anstieg um 1950 herum (Abb. 6b), was u.a. erklären könnte warum die  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte der beprobten Koralle nicht über die Zeit abnehmen wie es für die meisten Korallen weltweit im Zusammenhang mit der globalen Erwärmung beschrieben wurde (Grottoli and Eakin, 2007). Eine zunehmende Salinität könnte z.B. durch einen geringeren Süßwasser-Einfluss (weniger Regen, geringere Flusseinträge) sowie durch einen verstärkten Auftrieb verursacht werden. Eine durch die globale Erwärmung bedingte Intensivierung des Küsten-Auftriebs wird erwartet, da ein verstärkter thermaler Gradient zwischen Land und Meer auch das den Auftrieb steuernde Windfeld verstärken wird (Bakun *et al.*, 2010). Diese Hypothese lässt sich anhand der in Teilprojekt 3 (Pohlmann) erhobenen Daten verifizieren, die eine Zunahme des Windstresses während der letzten 20 Jahre erkennen lassen (Su *et al.*, 2012).

Da die Sr/Ca-Verhältnisse im Süßwasser höher sind als im Ozean (de Villiers, 1999; Shen *et al.*, 2005), könnte ein verstärkter, stark saliner Auftrieb auch der Grund dafür sein, dass die Abweichungen zwischen den RST-Werten und den Sr/Ca-Temperaturen mit zunehmender Erwärmung größer werden (Abb. 5). Die extreme Abnahme der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte im Sommer, der Zeit des Auftriebs, wäre auch in Einklang mit dieser Überlegung, da nicht nur Flusseintrag sondern auch Auftrieb isotopisch leichteren Kohlenstoff ins Oberflächenwasser eintragen kann (Rixen *et al.*, 2011) (Abb. 4b). Die Auswirkung des

Auftriebs auf die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte könnte auch der Grund dafür sein, dass die Differenz zwischen den  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten in der Wachstumsphase und dem Rest des Jahres zwar mit der globalen Erwärmung und der damit einhergehenden Intensivierung des Auftriebs, nicht aber direkt mit den Wachstumsraten korreliert.

Eine Intensivierung des Auftriebs steht nicht im Widerspruch zu den steigenden Oberflächentemperaturen, da die Erwärmung des Ozeans bereits auch die tieferen Wasserschichten und somit das Auftriebswasser selbst erfasst hat (Levitus *et al.*, 2000). Somit scheint die globale Erwärmung sich bislang aus zwei Gründen positiv auf das Wachstum der untersuchten Koralle auszuwirken; zum einen durch den zuvor diskutierten Temperatureffekt und zum anderen durch ein verbessertes Nahrungsangebot aufgrund des verstärkten Auftriebs. Eine mit dem Auftrieb einhergehende, erhöhte Energiezufuhr wird z.Z. auch als ein Prozess diskutiert, der es den Korallen ermöglicht, auch in den sauren Auftriebsgebieten ihren zell-internen pH auf einem für die Kalzifizierung günstigen Niveau zu halten (Rixen *et al.*, 2012). Vor Hainan könnte also ein verstärkter Auftrieb die skelettschädigenden Auswirkungen der allgemeinen Ozeanversauerung auf die Korallenarten, zumindest auf Vertreter der Gattung *Porites*, vorerst puffern. Die Veränderungen des Ozeans vor Hainan, die durch den zunehmenden anthropogenen Eintrag von  $\text{CO}_2$  verursacht werden, sind bereits deutlich am Suess-Effekt zu erkennen.

Zusammenfassend lässt sich anhand unserer Daten vermuten, dass der Auftrieb vor Hainan im Zuge der globalen Erwärmung an Stärke gewonnen hat und wohl weiter gewinnen wird. Erhöhte Temperaturen und ein verstärktes Nährstoffangebot scheinen das Wachstum der beprobten Koralle vor Hainan besonders in den ENSO-Jahren zu begünstigen. Das verbesserte Nahrungsangebot scheint es der Koralle zudem ermöglicht zu haben, den wachstumshemmenden Einfluss der Ozeanversauerung bislang zu kompensieren. Wie sich hingegen im Rahmen von LANCET I schon zeigte (Roder, 2010), sind die Riffe vor Tanmen dennoch in keinem allzu guten Zustand, vermutlich aufgrund lokaler Einflüsse. Da die hier untersuchte Koralle z.Z. der Beprobung noch lebte, konnte sie die Umweltbedingungen soweit noch tolerieren, was offensichtlich nicht für alle Korallen vor Hainan gilt. Somit lässt sich letztlich aus den Ergebnissen schließen, dass sich die globale Erwärmung z.Z. noch positiv auf das Wachstum der Korallen vor Hainan auswirkt, wonach die stattfindende Degradation der Riffe demnach im Wesentlichen auf lokale Veränderungen zurückgeführt werden muss.

### 3.1.2 Publikationen

#### Manuskripte in Vorbereitung:

Lehnhoff L, Rixen T, Wang D. Coral growth off Hainan China: local versus global change impacts. To be submitted to Coral Reefs in December 2012.

Lehnhoff L, Rixen T, Wang D. Sr/Ca ratios, isotopic traces and their use for environmental reconstruction off Hainan. To be submitted to Global and Planetary Change in February 2013.

### 3.2 Teilprojekt 2 „Habitatverknüpfungen: Status des Nektons und Vernetzung zwischen Korallenriffen, Mangroven and Seegraswiesen“

(Dr. Uwe Krumme & Dr. Britta Grote, ZMT)

#### 3.2.1 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse

Die im Rahmen von LANCET Teilprojekt 2 gewonnenen Ergebnisse lassen sich in die vier Bereiche Abiotik, Nektongemeinschaft, Senkenfischerei und Habitatkonnektivität gliedern und wie folgt zusammenfassen:

Abiotik: Die Ostküste von Hainan unterliegt einem gemischt-semidiurnalen Tidentyp. Bei Flut strömt kühles, salz- und sauerstoffreiches Bodenwasser in das Wenchang/Wenjiao-Ästuar. Aufgrund der stark asymmetrischen Dauer von Flut (14-15 Std) und Ebbe (7-8 Std) bei Springtiden ist das Ästuar ebb-dominiert mit maximalen Ebbstromgeschwindigkeiten von  $60 \text{ cm s}^{-1}$ . Dies führt zu einer regelmäßigen Ventilation des Ästuars und Materialaustrag aus der Bucht durch den tiefen Kanal am Ausgang der Bucht (~10 m tief) und puffert das System anscheinend gegenüber negativen Einflüssen wie Eutrophierung und Verschmutzung.

Im Allgemeinen nehmen im Wenchang/Wenjiao-Ästuar der Sauerstoffgehalt, Salzgehalt, die Sichttiefe und pH in Richtung Meer zu und die Temperatur ab. Das Ästuar ist trotz geringer Wassertiefe durch eine bemerkenswert starke salinitätsbedingte Stratifizierung der Wassersäule charakterisiert, die bis weit in den Unterlauf des Wenchang-Flusses nachweisbar ist. Phasenweise wurden ein Anstieg in der Salinität um mehr als 15 zwischen Oberflächen- und Bodenwasser an Standorten mit nur 4 m Wassertiefe gemessen. Alle gemessenen abiotischen Parameter variierten signifikant mit tideninduzierten Schwankungen im Wasserstand und in der Strömungsrichtung, teilweise in Interaktion mit dem Wechsel von Tag und Nacht.

Die Gesamtergebnisse der abiotischen Probennahmen aus den Jahren 2007, 2008 und 2009 sind enthalten in einem Artikel, der bei der Zeitschrift *Marine Environmental Research* eingereicht ist. Die vor und nach einem Taifun erhobenen Daten wurden in Herbeck et al. (2011) veröffentlicht.

Nektongemeinschaft: In drei Salzgehaltzonen des Wenchang/Wenjiao-Ästuars wurden, trotz seiner geringen Größe (ca.  $20 \text{ km}^2$ ), mit Senken- (Abb. 7) und Spiegelnetzen mehr als 160 Nektonarten nachgewiesen (bei mehr als 20.000 gefangenen Individuen). Viele der Arten sind von wirtschaftlicher Bedeutung. Die artenreichsten Nektongruppen sind Fische (ca. 130 Arten, darunter 18 Grundelarten), Krebse (ca. 22 Arten) und Garnelen (ca. 12 Arten). Es wurden 5 Arten gefunden, die an allen drei Ästuarstandorten häufig vorkamen: der Glasbarsch *Ambassisopsii*, der Kaninchenfisch *Siganuscanaliculatus*, der Mojarra *Gerresfilamentosus*, die Meeräsche *Valamugilperusii* und die Schwimmkrabbe *Thalamitaspinimana*. Für mehrere Fischarten wurde der Ersthinweis für Hainan erbracht, so dass sich ihre bisher angenommenen Verbreitungsgrenzen im Südchinesischen Meer nach Norden bzw. Westen verschieben.

Die Fischbiomassen lagen im Mittel zwischen  $0.02$  und  $0.2 \text{ g m}^{-2}$ . Normalerweise schwanken die Fischbiomassen tropischer Ästuarare zwischen  $5$  und  $20 \text{ g m}^{-2}$  (Blaber 1997). Die Fischbiomasse im Untersuchungsgebiet liegt damit 1 bis 2 Größenordnungen unter den Werten anderer tropischer Systeme.

Die ästuarine Fischgemeinschaft lässt sich durch folgende Charakteristika beschreiben:

(1) Die meisten Fische sind klein (im Mittel  $<8 \text{ cm}$ ).

- (2) Die häufigsten Arten sind Planktonfresser (Engraulidae, Clupeidae, Atherinidae).  
 (3) Bei vielen anderen häufigeren Arten handelt es sich um weitverbreitete benthische Arten mit kurzen Lebenszyklen (Leiognathidae, Siganidae, Gobiidae).  
 (4) Andere häufige Arten gehören zu den Meeräschen (Mugilidae), die eine Affinität zu eutrophen Systemen zeigen.  
 (5) Räuberische, d.h. fisch- und makrobenthosfressende Arten waren sehr selten.



**Abbildung 7: a) Typische Zusammensetzung eines Senkennetzfanges im Wengchang/Wenjiao-Ästuar, b) ein seltener Raubfisch, der Mangrovenbarsch *Lutjanus argentimaculatus* (Länge: 23,4 cm).**

Die Fischgemeinschaft im Wengchang/Wenjiao-Ästuar stellt somit ein anschauliches Beispiel für „Fishing down marine foodwebs“ dar (Pauly et al. 1998). Der Sektion Ichthyologie des Senckenberg-Museums in Frankfurt am Main wurden insgesamt 223 Fische von 83 Arten aus Hainan überlassen. Außerdem wurde eine eigene ZMT-Belegsammlung angelegt, die 149 Fischarten und einige Crustaceenarten umfasst. Der Fisch-Datenbank FishBase ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)) wurden fehlende Fotos von 25 Fischarten zur Verfügung gestellt. Qualitative Untersuchungen zur Nahrungszusammensetzung in den Mägen der 16 häufigsten Fischarten wurden erfolgreich abgeschlossen.

Die Analysen der Echogramme deuten darauf hin, dass es im Wengchang-Fluss und in der Bucht einen Tag-Nachtwechsel dominanter Fischarten gibt - von nachtaktiven Glasbarschen und Ponyfischen zu tagaktiven *S. canaliculatus* und Sardellen - , die mit den Gezeiten transversale und longitudinale Bewegungen im Ästuar durchführen.

Die Analyse der Nektongemeinschaft vor und nach einem Taifun zeigte, dass die taifuninduzierte Aussüßung des Küstenbereichs zu einem Rückgang der Artenzahl, Diversität, Fischbiomasse und Fischdichte im Ästuar führte. Viele Fische wanderten als



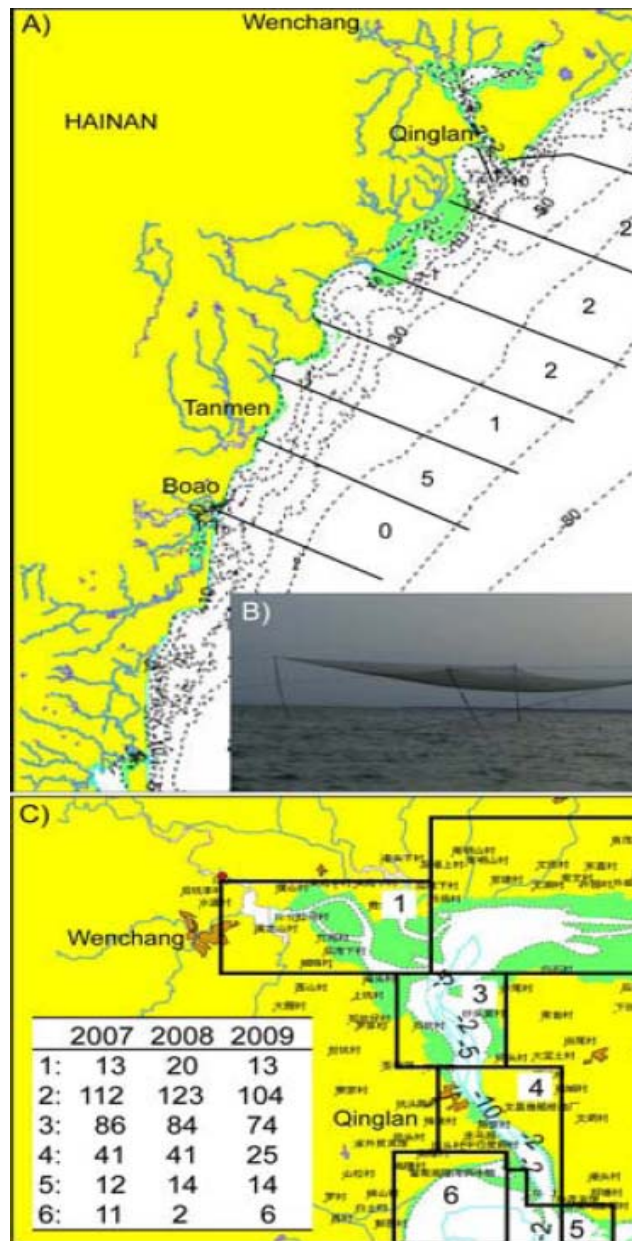
Reaktion auf die Aussüßung ihres Habitats nach dem Taifun in Richtung des äußeren Ästuars und es kam zu signifikanten Verschiebungen in den Dominanzverhältnissen der Fischgemeinschaft. Solch wiederkehrende, aber unvorhersehbaren Extremereignisse wie Taifune spielen eine wichtige Rolle für die Habitatkonnektivität. Während Starkregenereignissen werden ästuarine Arten aus trüben, kleinen Buchten in klarere Küstengewässer gedrängt, wo sie leichter zur Beute opportunistischer mariner Raubfische werden. Für Fische, die sich bevorzugt in Mangroven aufhalten, bedeutet die taifun-induzierte longitudinale Bewegung der Fischgemeinschaft vor die Küste, dass sie temporär keinen Zugang zu Mangroven haben, wenn Küstenmangroven fehlen. Deshalb stellen die Seegraswiesen Hainans bei Taifunereignissen für ästuarine Fischarten möglicherweise ein wichtiges temporäres Refugium dar.

Durch Fischzählungen in den verschiedenen Rückriffhabitaten wurden im Rahmen einer Diplomarbeit mehr als 80 Fischarten identifiziert. Allerdings repräsentierten nur 3 Arten rund 90 % der gesamten Fischabundanz (*S. canaliculatus*, Mojarras/Gerreidae und der Ährenfisch *Atherinomorus lacunosus*). Der überwiegende Teil der Fische war kleiner als 7,5 cm. Die Rifftransekte waren wegen starken Seegangs gar nicht oder nur selten zählbar. Der Kaninchenfisch *S. canaliculatus* scheint die einzige häufigere herbivore Fischart zu sein, die quantitativ bedeutendere Mengen an Aufwuchs von Seegräsern und Korallen abweidet. Größere Weidegänger wie Papageienfische sind als Reaktion auf die starke Befischung relativ selten und sehr scheu. Wir haben beobachtet, dass am Saumriff trotz Verbots weiterhin mit Dynamit gefischt wird. Außerdem werden lebende Organismen im Riff- und Rückriffbereich regelmäßig und mit großer Effizienz abgesammelt, bei Fischen häufig unter Verwendung von Zyanid.

Senkenfischerei: Durch die Teilnahme des Biologiestudenten Tianci Wang an allen drei Expeditionen war es möglich, sehr gute Kontakte zu den Senkenfischern aufzubauen und das nötige Vertrauen für die Teilnahme an Interviews zu gewinnen und die Analyse der Senkenfischerei als zusätzlichen Teilaspekt von SP 2 zu etablieren. Dazu gehörten: (a) die Analyse der räumlichen Verteilung und jährlichen Variation in der Anzahl der Senken im Untersuchungsgebiet, und (b) strukturierte und offene Interviews mit Senkenfischern im Wenchang/Wenjiao-Ästuar zu historischen, biologischen, sozialen, ökonomischen und managementrelevanten Aspekten.

Die großräumige Erfassung der Senkenverteilung zeigte, dass das Wenchang/Wenjiao-Ästuar wegen seiner geschützten Lage und geringen Wassertiefe das Gebiet mit der höchsten Senkendichte entlang der gesamten Ostküste Hainans ist (insgesamt ca. 300 Senken). Die Anzahl der Senken variierte nur gering von Jahr zu Jahr (Abb 8). Die Senkennetze sind groß (rund 25 x 25 m), haben eine relativ kleine Maschenweite (<2 cm zwischen Knoten) und werden von nur einer Person betrieben, die das Anheben und Herablassen des Netzes durch ein System aus Seilen und Stangen über eine große Spule von einem feststehenden Turm aus kontrolliert.

Die Senkenfischerei produziert nahezu keinen Beifang, weil alle Organismen genutzt werden. Ein Teil des Fangs wird selbst verzehrt. Der Großteil wird entweder direkt auf lokalen Märkten an Endabnehmer oder an Zwischenhändler verkauft. Kleine Fische oder Fische schlechter Qualität werden zu Tierfutter verarbeitet (meist für Garnelen- oder Fischteiche und Netzkäfige). Größere Fische sowie Fische guter Qualität gehen in den Verzehr (Restaurants, Privatpersonen). Die Fangmengen variieren stark: von leeren Netzen bis zu einem nachgewiesenen Rekordfang von 1,75 t eines Heringsschwarms mit einem einzigen Hol, der als Fischfutter verkauft wurde.

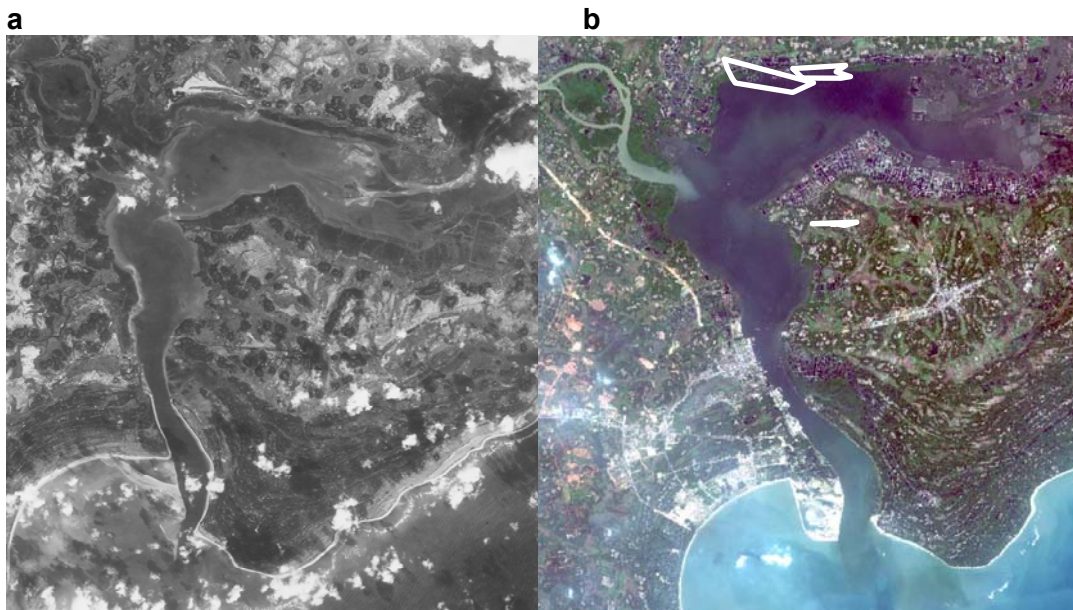


**Abbildung 8: Verteilung der Senken in verschiedenen Sektoren entlang der Ostküste Hainans in den Jahren 2007, 2008 und 2009.**

Aus Interviews mit Senkenfischern wurde deutlich, dass die Senkenfischerei eine alte, traditionelle Fischereimethode ist. Sie wird heute fast ausschließlich von älteren Männern betrieben, da die Arbeit weniger anstrengend und riskant ist als ihre vorherige Beschäftigung (offshore-Fischer, Wanderarbeiter). Sie haben aber auch ein geringeres Einkommen. Die Fischer verdienen so rund 2500 RMB pro Monat (~250 €). Das Einkommen ist in den letzten Jahren relativ stabil geblieben, da die Preise für Fisch mit dem Rückgang der Ressource angestiegen sind. Die Fischer bemerken, dass ihre Fänge zurückgegangen sind. Dabei scheint sich die Artzusammensetzung in den letzten 10 Jahren wenig verändert zu haben. Die Fischer geben aber übereinstimmend

an, dass die zwei benthivore Fischarten, der Mojarra *Gerres filamentosus* und die Meerbarbe *Upeneustragula*, früher deutlich häufiger waren. Als Hauptprobleme ihres Systems nennen die Fischer die zunehmende Verschmutzung durch Abwässer, vor allem aus der Aquakultur. Mehrfach wurde punktuell Fischsterben nach dem Auslassen von Garnelenteichen erwähnt. Im Gegensatz zu artesischen Fischern in Ostafrika, die bei abnehmenden Fängen zunehmend aus der Fischerei aussteigen würden (Cinner et al. 2009), antworteten die Senkenfischer in Hainan ausnahmslos, dass sie auch bei nur 50 % der jetzigen Fangmenge weiter fischen würden. Als Hauptursache wird das Fehlen alternativer Einkommensquellen genannt, insbesondere angesichts ihres Alters und ihrer geringen Qualifikation. Während einige Senkenfischer davon ausgehen, dass die Bedingungen für die Fischerei unverändert bleiben, befürchten andere, dass zurückkehrende Wanderarbeiter aus Mangel an Alternativen verstärkt in die Fischerei drängen werden.

Interviews mit alten Fischern lieferten äußerst wichtige Informationen, was den ursprünglichen Zustand des Ökosystems und mögliche „shifting baselines“ in den Antworten der Fischer angeht (Pauly 1995). Sie berichten übereinstimmend, dass das Ästuar früher tiefer war, es weniger feines Sediment gab, das Wasser klarer war, viel mehr Pflanzenmaterial aus den Mangroven ausgetragen wurde und es mehr Fisch gab. Der Rückgang der Mangroven, die heute meist nur noch als schmaler Ufersaum erhalten sind (Abb. 9), vollzog sich in 3 Phasen. (1) Während des „Grossen Sprungs nach vorn“ (1958-62) wurde Mangrove als Brennholz für die Stahlproduktion abgeholzt. (2) In der darauf folgenden Hungersnot wurde Mangrovenfläche in Reisfelder umgewandelt. (3) In den 1980er Jahren wurde mit der Anlage von Garnelenteichen begonnen. Die Intensität der Fischerei nahm erst nach Mao Zedongs Tod 1976 zu, nachdem sich die Fischereikollektive auflösten. Das Saumriff war bereits Anfang der 1990er Jahre stark durch Dynamitfischerei beschädigt (pers. Komm. mit F. Krupp, Leiter Sektion Ichthyologie, Senckenberg Museum Frankfurt).



**Abbildung 9: GIS-Analyse von Satellitenbildern zeigen einen einen 75% Verlust (weiß markiert) von Mangrovenflächen zwischen 1965 (a) und 2009 (b).**

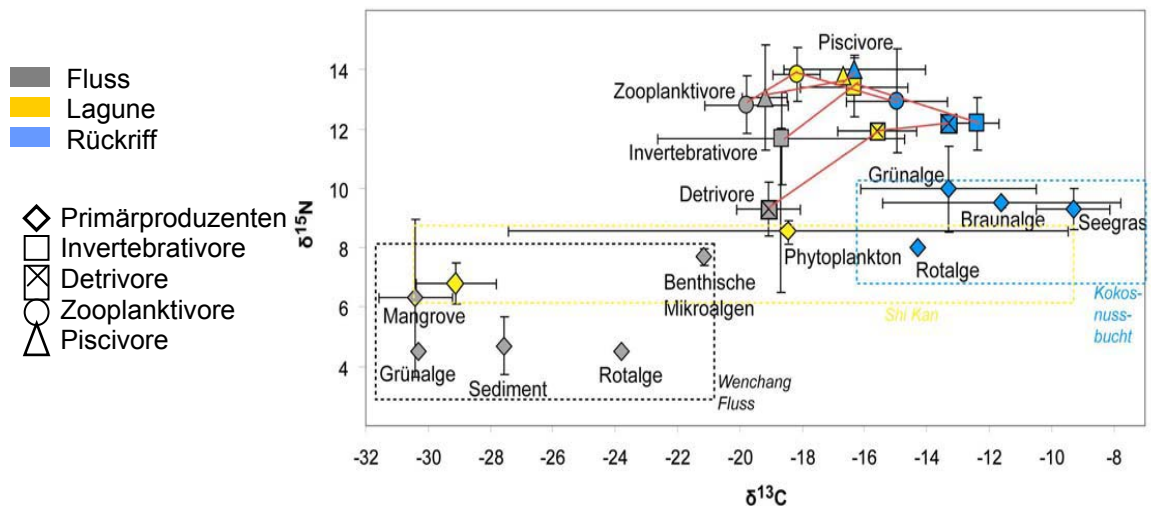
Signifikante Veränderungen des Küstenökosystems liegen also mindestens drei bzw. fünf Jahrzehnte zurück. Die Angaben der meisten Fischer können deshalb nicht als Referenzlinie für eine nachhaltige Fischerei dienen, sondern beschreiben den Ist-Zustand eines bereits degradierten Ökosystems. Nichtsdestotrotz haben die Fischer noch ein sicheres Einkommen und sind nicht verarmt. Dies könnte damit zusammenhängen, dass in China die Nachfrage nach Fisch traditionell hoch ist. Im Untersuchungsgebiet finden auch Fische geringer Größe und Qualität immer Abnehmer, da sie als Futtermaterial für Garnelen- und Fischteiche sowie für Netzkäfige verwendet werden. Die Ergebnisse der Analyse der Senkennetzfischerei werden in Krumme et al. (in press), Continental Shelf Research veröffentlicht.

Habitatkonnektivität: Um bedeutende Fischhabitats zu lokalisieren und zu schützen ist es bedeutend die autotrophen Nahrungsquellen zu identifizieren, auf denen die Fischerei beruht. Dies erlaubt auch den Grad der Verknüpfung von Küstenhabitats durch Nahrungswanderungen mobiler Arten zu untersuchen (Nahrungskonnektivität). Die Untersuchung der Nahrungsquellen an den drei Dauerstationen im Wenchang/Wenjiao-Ästuar zeigte, dass die Signaturen der stabilen Isotope der Primärproduzenten zwischen dem Wenchang-Fluss und dem Rückriffhabitat ausreichend unterschiedlich sind, um trophischen Beziehungen nachgehen zu können. Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der Konsumenten stiegen in Richtung Meer an (Abb. 10). Diese Verschiebung ist typisch und hängt mit der vom Fluss zur Küste hin abnehmenden Bedeutung süßwasserbeeinflusster Mikroalgen und der zunehmenden Bedeutung marinen Phytoplanktons, mariner Makroalgen und der Seegräser zusammen.

Das Nahrungsnetz im Wenchang-Fluss basiert offenbar stark auf intertidalen benthischen Mikroalgen und auf epiphytischen Rotalgen. Somit bildet die Produktion im Gezeitenbereich die Grundlage für die subtidale Fischgemeinschaft. Dabei sind nicht die Mangroven selbst die Nahrungsquelle, vielmehr dienen sie als Substrat für Rotalgen (auf den Stelzwurzeln) und als Sedimentstabilisatoren der vorgelagerten Schlammflächen, auf denen die benthischen Mikroalgen gedeihen. Der großflächige Verlust an Mangrovenfläche in der Vergangenheit und die heute meist auf schmale Uferstreifen beschränkte Überflutung dürften zu einem merklichen Rückgang der natürlichen Produktion geführt haben. In der brackwasser-dominierten Bucht spielt wahrscheinlich neben den benthischen Mikroalgen des Gezeitenbereichs die Phytoplanktonproduktion eine wichtige Rolle als Grundlage des Nahrungsnetzes. Im Rückriffbereich kommen neben dem Phytoplankton alle dort gemessenen Primärproduzenten als potentielle Grundlage des Nahrungsnetzes in Frage.

Basierend auf den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten lassen sich an den einzelnen Standorten 3 bis 4 Trophiestufen unterscheiden. Allerdings sind die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Konsumenten in der Bucht im Vergleich zu den beiden anderen Standorten signifikant angereichert, was auf einen starken Einfluss der Abwässer aus den Garnelenteichen hindeutet. Dies spiegelt sich auch in den im Vergleich zu Literaturwerten erhöhten  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten der Mangroven- und Seegräsblätter wider (Lee 2000, Thimdee et al. 2004, 2008, Lugendo et al. 2006). Die Isotopensignaturen der Fische deuten auf vier mögliche Formen der Nahrungskonnektivität zwischen den drei ästuarinen Standorten durch Nektonorganismen hin: 1) Konnektivität zwischen allen drei Standorten für die Raubfische *Lutjanus argentimaculatus* und *Epinephelus bleekeri* sowie für den invertibrativen *Gerres filamentosus* aufgrund starker Überlappung der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von Individuen der verschiedenen Standorte; 2) Konnektivität zwischen Wenchang-Fluss und der Bucht für die Fischarten *Hyporhamphus limbatus*, *Atherinomorus lacunosus*,

*Scomberoides lysan*, und *Stolephorus indicus*; 3) Konnektivität zwischen Bucht und Rückriffbereich für *S. canaliculatus*, und 4) getrennte Subpopulationen für die Fischarten *Ambassisopsii*, *A. vachellii*, *Sardinella gibbosa*, *Valamugil perusii*, *Elopshawaiiensis*, *Sillagoaeolus*, zwei Grundelarten sowie die Krebse *Uca* spp. und *Thalmitaspinimana*. Inwieweit die Nahrungskonnektivität der Typen 1, 2 und 3 durch ontogenetische Wanderungen in der nahen Vergangenheit oder durch regelmäßige Tages- oder Gezeitenwanderungen verursacht wird, ist noch unklar. Die Auswertung der  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  und  $\delta^{34}\text{S}$ -Ergebnisse ist noch nicht abgeschlossen.



**Abbildung 10: Isotopenanalysen von  $\delta^{15}\text{N}$  und  $\delta^{13}\text{C}$  verschiedener Organismen von den drei Dauerstationen.**

Phytoplanktonanalyse: Ein weiterer Aspekt dieses Teilprojektes war die Analyse der zeitlichen und räumlichen Dynamik der Phytoplanktongemeinschaften im Wenchang/Wenjiao-Ästuar, welche eine wichtige Grundlage der ästuarinen Nahrungskette bildet. Diese Arbeit wurde im Rahmen einer Diplomarbeit Ende 2010 sehr erfolgreich abgeschlossen.

**Fazit:** Die fischereiunabhängige Analyse der Fischgemeinschaft, die Interviews mit Senkenfischern und Beobachtungen vor Ort legen nahe, dass sich das Küstenökosystem Ost-Hainans in einem fortgeschrittenen Überfischungszustand befindet und dringend Maßnahmen ergriffen werden sollten, die die Lage entschärfen und eine weitere Verschlechterung des Zustands des Ökosystems verhindern. Um eine nachhaltige Nutzung der küstennahen Ressourcen zu erreichen, müssen die Exploitationsraten zurückgefahren werden. Dafür ist ein Zusammenspiel verschiedener Maßnahmen erforderlich, deren spezifische Ausgestaltung von dem lokalen Kontext abhängt. Am vielversprechendsten für die Erholung der Fischerei und der Küstenökosysteme haben sich Kombinationen aus traditionellen Ansätzen (z. B. Maßnahmen zusammen entwickelt mit und verwaltet durch lokale Gemeinden) gekoppelt mit Maßnahmen wie räumlichen und/oder zeitlichen Fischereiverboten oder dem Ausweisen von Schutzzonen erwiesen (Worm et al. 2009). Im Falle Hainans ist neben den oben genannten Ansätzen ein weites Spektrum an Maßnahmen denkbar und erforderlich, um die Lage des Küstenökosystems und der Fischerei zu verbessern:

- Wiederaufforstung im Hinterland (zur Reduktion von Sedimenteinträgen),
- Bau von Kläranlagen in Städten, Hotelkomplexen und Aquakulturanlagen,
- Wiederanschluss an die Gezeiten und Renaturierung ehemaliger Mangrovegebiete (zur Förderung der Funktion als Kinderstube für Fische und Crustaceen, Wasserfilter und Sedimentationsfläche),
- Implementierung bestehender Gesetze wie den „Fishery Act“ der Volksrepublik China aus dem Jahr 1986 (z.B. Artikel 30 zum Verbot der Dynamit- und Giffischerei),
- Verbot von zusätzlichem Fanggeräten (z. B. Kastenreusen, die in letzter Zeit als Reaktion auf geringe Fänge eingeführt wurden; mehrtorige Hamen),
- Reduktion von Fischern (z. B. durch Lizenzvergabe, da die Mehrheit der artisanalen Fischer keine Lizenz hat; Schaffung alternativer Arbeits- oder Einkommensmöglichkeiten, etwa im Tourismus; eventuell auch über Ausgleichszahlungen),
- ggf. Rückkauf von Booten, um die Fischereiintensität zu reduzieren,
- Erhöhung der zulässigen Maschenweiten, sowie
- Maßnahmen zur Sensibilisierung der Küstenbevölkerung für die Problematik von Umweltverschmutzung, Habitatzerstörung und Überfischung.

### 3.2.2 Publikationen

#### Bereits erschienen:

Krumme U, Zheng Y, Wang TC, 2010. A cheap and rapidly built bottom water sampler for shallow-water environments. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*. 7(4), 117-120.

Herbeck LS, Unger D, Krumme U, Liu SM, Jennerjahn T, 2011. Typhoon-induced changes in nutrient and suspended matter dynamics of a small tropical estuary in East Hainan (South China Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 93: 375-388.

Krumme U, Wang TC; Wang DR, in press. From food to feed: assessment of the stationary lift net fishery of East Hainan, northern South China Sea. *Continental Shelf Research*.

#### Eingereichte Manuskripte:

Krumme U, Herbeck LS, Wang TC. Tide- and rainfall-induced variations of physical and chemical parameters in a mangrove-depleted estuary of East Hainan (South China Sea). *Marine Environmental Research*.

#### Manuskripte in Vorbereitung:

Krumme U, Scharfbillig A. Status of the seagrass fish community in back-reef areas of East Hainan, Northern South China Sea.

Krumme U, Wang TC. Typhoon-induced changes in the nekton community of a monsoonal estuary in East Hainan, Northern South China Sea.

Krumme U, Wang TC. Spatial and temporal variation of the nekton community in the Wenchang estuary, East Hainan, Northern South China Sea.

Krumme U. Stable isotope analysis of primary food sources and trophic relationships of aquatic animals along an estuarine river-bay-back reef gradient in East Hainan (tropical China).

### 3.3 Teilprojekt 3 „Zeitliche und räumliche Variabilität des Auftriebs entlang der Ostküste Hainans“ (Prof. Dr. Pohlmann & Dr. Jian Su, Uni-HH)

#### 3.3.1 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse

Es wurden die steuernden Prozesse und die Variabilität des Auftriebs (Upwelling) vor der Ostküste Hainans mit Hilfe einer Kombination von Messkampagnen und Modellstudien untersucht. Zum einen konnten im Projekt die Untersuchungen im Upwelling-Bereich abgeschlossen werden. Hierzu sind diverse gemeinsame Publikationen mit chinesischen Partnern abgeschlossen worden bzw. befinden kurz vor dem Abschluss. In einer Synthesearbeit wird insbesondere auf die Verknüpfung zwischen den physikalischen Größen und biogeochemischen Parametern eingegangen. Hierbei werden sowohl Messdaten als auch Modellergebnisse in die Untersuchungen einfließen.

In einem zweiten Schritt wurden die Wechselwirkungen der Upwelling-Prozesse mit den ästuarinen Prozessen untersucht. Damit konnten die Untersuchungen an der Schelfkante mit den von anderen LANCET-Teilprojekten durchgeführten Studien in den Flüssen und im Ästuar optimal verknüpft werden. Diese Studien liefern einen wichtigen Beitrag bei der Auswertung und Interpretation der gewonnenen bio-geochemischen Daten, da das physikalische Hintergrundsignal bei vielen Prozessen eine wichtige Rolle, wenn nicht die entscheidende Rolle, spielt.

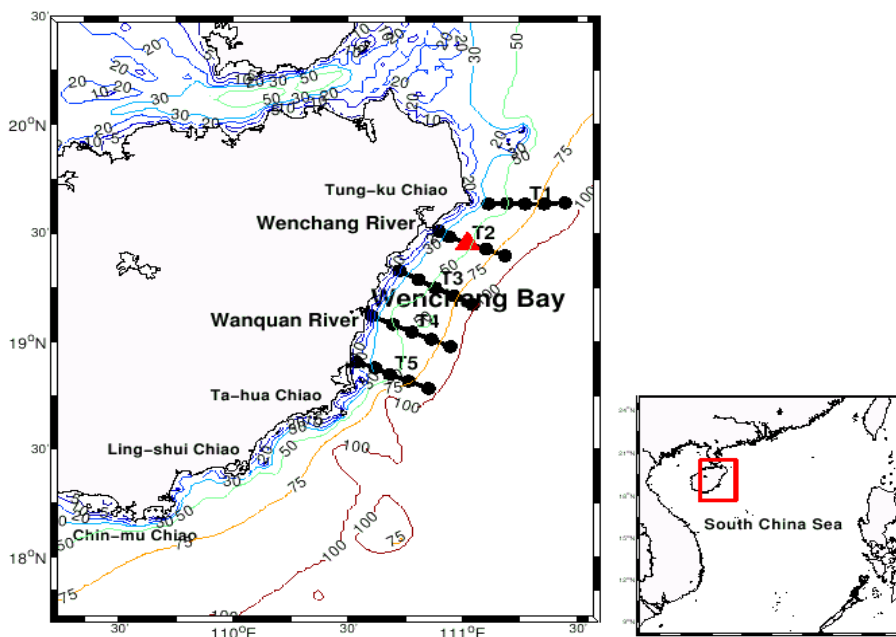
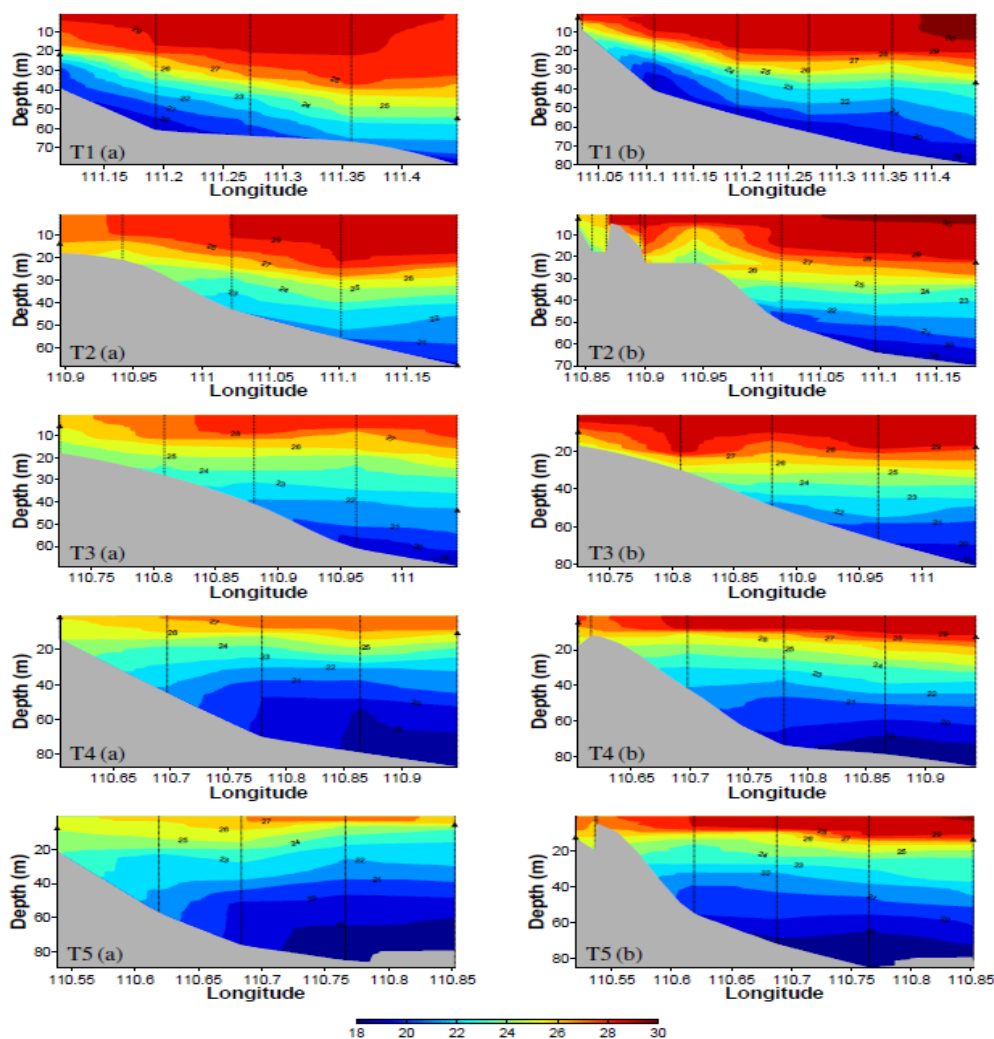


Abbildung 11: Topographie (m) des Schelfs vor Ost-Hainan, Schwarze Punkte kennzeichnen die Mess-Stationen auf den Schnitten T1–T5 (von Nord nach Süd), die während der Kampagnen im August 2007 und Juli 2008 beprobt wurden. Das rote Dreieck markiert die Position der Ankerstation, auf der Strömungsmessungen erfolgten. Die Positionen der Hauptzuflüsse in die Wenchang Bay, der Wanquan River und der Wenchang River sind ebenfalls dargestellt. Das rote Rechteck auf der Übersichtskarte des Südchinesischen Meeres gibt die Lage des Untersuchungsgebietes vor der Ostküste Hainans an.

Die durchgeführten Modellstudien umfassten die Anpassung des Zirkulationsmodells HAMSOM auf das Gebiet des Nordwestteils des Südchinesischen Meeres, in dessen Zentrum sich die Insel Hainan befindet. Die gewählte Auflösung beträgt circa 2 km. Das Modell wird mit den NCAR/NCEP Reanalyse-Daten für die vergangenen 50 Jahre angetrieben, um damit die räumliche und zeitliche Variabilität des Upwellings in diesem Zeitraum abschätzen zu können. Eine Validation der simulierten Langzeitvariabilität wurde mithilfe unabhängiger Messdaten aus dem Küstenbereich durchgeführt.

Im Projektzeitraum von LANCET II konnte eine wichtige Publikation abgeschlossen werden und zwar die in LANCET I begonnene gemeinsame deutsch-chinesische Veröffentlichung Su et al. (2011), die eine wichtige Auswertung der ozeanographischen Messungen (Abb. 11) aus LANCET I darstellt.

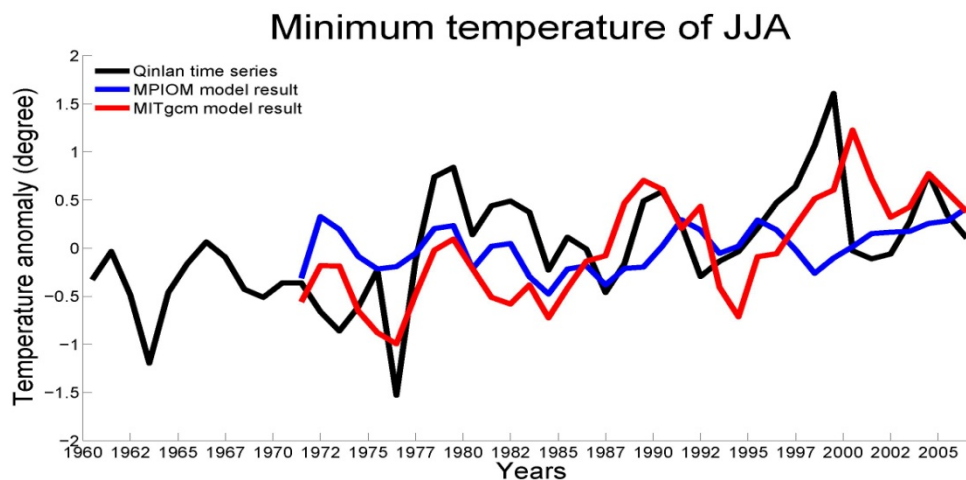


**Abbildung 12: Beobachtete Temperaturverteilung (°C) entlang der Schnitte T1-T5 während der Messkampagnen im August 2007 (a) und Juli 2008 (b). Die unterbrochenen Linien zeigen die exakte Position der Mess-Stationen. Der maximale vertikale Temperaturgradient definiert die Sprungschicht. Die Tiefenlage der Sprungschicht an der küstennächsten und küsternen Station ist durch ein schwarzes Dreieck markiert. Die Anhebung der Thermokline zur Küste beträgt 15, 21, 31, 8 und 1 m auf den Schnitten T1-T5 in 2007 und entsprechend 41, 20, 10, 25 und 2 m in 2008.**



In Abbildung 12 wird die beobachtete Temperaturschichtung auf den jeweils 5 Schnitten senkrecht zur Küste T1 bis T5 (siehe Abb. 11) für August 2007 sowie Juli 2008 dargestellt. Es zeigt sich auf allen Schnitten eine Anhebung der Thermokline zur Küste hin, was auf die Wirkung von Upwelling im Untersuchungsgebiet zurückzuführen ist. Allerdings ist die Stärke dieses Upwellings für die einzelnen Schnitte sehr unterschiedlich. Die Anhebung der Thermoklinen beträgt 15, 21, 31, 8 und 1 m auf den Schnitten T1 bis T5 im Sommer 2007 und 41, 20, 10, 25 und 2 m im Sommer 2008. Diese starke räumliche Variabilität deutet darauf hin, dass es sich bei dem Küstenupwelling vor Hainan um ein nicht ausschließlich windgetriebenes Upwelling handelt, sondern auch topographische Faktoren eine wichtige Rolle spielen.

In einer Modellstudie, die zusammen mit dem chinesischen Partner durchgeführt wurde, wurde die Minimum Temperature Anomaly (MTA) für die Sommermonate zwischen 1960 und 2006 für die Position von Qinlan im Zentrum unseres ästuarinen Untersuchungsgebietes näher untersucht. Ein Vergleich der Ergebnisse des von uns verwendeten Modells MPI-OM und des vom chinesischen Partner betriebenen Modells MITgcm mit Messungen an der Station Qinglan zeigt, dass das MITgcm in der Lage ist, die beobachtete SST besser zu reproduzieren (Abbildung 13). Dieses deutet darauf hin, dass im MITgcm die El Nino-Southern Oscillation besser aufgelöst werden, was für weitergehende Analysen von entscheidender Bedeutung ist.



**Abbildung 13: Der Vergleich zwischen Beobachtungen und Modellergebnissen der Minimum Temperatur Anomalie (MTA) während des Sommers (Juni, Juli, August) für den Zeitraum 1960-2006. Die schwarze Kurve zeigt die an der Station Qinlan gemessene Sommer-MTA, die auf einen Regimeschift zwischen 1976 und 1977 hindeutet. Die rote und blaue Linie zeigt die Sommer-MTA als Ergebnis der Modellsimulationen mit dem MITgcm bzw. dem MPIOM. Das MITgcm zeigt eine leicht bessere Korrelation, aufgrund der im Modell verwendeten SST-Anpassung.**

Im zweiten Jahr der Projektlaufzeit von LANCET ist die Finanzierung für den Projektmitarbeiter, Herrn Jian Su, leider schon Ende Januar 2011 ausgelaufen. Deshalb konnte sich Herr Su ab diesem Zeitpunkt nur noch neben seiner regulären Tätigkeit mit Arbeiten im LANCET Projekt beschäftigen. Trotz dieser Beschränkung konnten im Teilprojekt noch einige Publikationen abgeschlossen bzw. fortgeführt werden. Außerdem

hat sich Herr Su in 2011 weiterhin an den Projekttreffen und Workshops in Bremen und Shanghai beteiligt. Er hat dankenswerterweise auch noch maßgeblich an den Teilprojektpublikationen zum LANCET-Sonderband mitgearbeitet.

Für weitergehende Informationen zu den im Projektzeitraum durchgeführten Arbeiten wird auf die unten angeführten Publikationen verwiesen.

### **3.3.2. Publikationen**

#### Bereits erschienen:

Su J, Wang J, Pohlmann T, Xu DF, 2011. The influence of meteorological variation on the upwelling system off eastern Hainan during summer 2007–2008. *Ocean Dynamics*, 61(6), 717-730.

Su J, Xu MQ, Pohlmann T, Xu DF. A western boundary upwelling system responds to recent climate variation (1960–2006). Submitted to *Continental Shelf Research*.

#### Eingereichte Manuskripte:

Li Y, Zhang J, Su J, Wang D. Phytoplankton assemblages and their relationship to the monsoon dynamics at the fringing reefs coast of Hainan Island. Submitted to *Deep Sea Research II*.

#### Manuskripte in Vorbereitung:

Su J, Li Y, Liu SM, Pohlmann T. The biogeochemical responses to the upwelling off East Hainan.

### 3.4 Teilprojekt 4 „Ästuarine Modifizierung von Flusseinträgen und Schadstoffflüssen“ (Prof. Dr. Balzer, Uni-HB)

#### 3.4.1 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse

Nachdem im Vorläuferprojekt der Schwerpunkt auf den Expeditionen mit Probenahme für Spuren- und Schwermetalle, ihrer Aufarbeitung, Vermessung und der vorläufigen Auswertung gelegen hatte, standen die Auswertung und Publikationen zusammen mit den chinesischen Kollegen sowie ergänzende Messungen und kleinere Vorhaben im Vordergrund dieses Anschlussvorhabens. Zuvor waren aus dem Wanquan Ästuar (im Folgenden: WR) und aus dem Wenchang/Wenjiao Ästuar (im Folgenden: WWR) im Verlauf von vier Expeditionen (Trockenzeit: 2006, 2009; Regenzeit: 2007, 2008) Proben aus Sedimenten, Schwebstoffen und der Lösungsphase genommen worden. Bei der vertieften Auswertung zeigte sich, dass in Hinblick auf anthropogene Einwirkungen Unterschiede zwischen den beiden Ästuare bestehen: Während das Wanquan Ästuar allenfalls durch Tourismus geringfügig geprägt sein könnte, ist im Wenchang/Wenjiao Ästuar der Einfluss von Aquakultur-Anlagen im gesamten oberen Ästuar deutlich spürbar.

Wegen der in Ästuaren weitgehend unklaren Bedeutung von kolloidalen Größenklassen für das Schicksal der Spurenmetalle, wurde die Lösungsphase (definiert über Filtration durch Filter mit 0.4 µm Porenweite) zusätzlich noch durch Ultrafiltration in operational definierte Fraktionen von Kolloiden und die „echte“ Lösung separiert. Diese Größen-Speziation und ihre Änderungen im Verlauf des fluviatilen und ästuarinen Transports entscheiden wesentlich über das Schicksal der Spurenkomponenten und ihre tatsächliche Zufuhr zum Ozean. "Echt gelöste" Bestandteile können zwar durch Wechselwirkung mit Schwebstoffen bzw. resuspendierten Sedimenten die Konzentration ändern, werden aber zusammen mit dem Wasser in den Küstenraum transportiert. Schwebstoffe und in diese umgewandelte Kolloide unterliegen der gravitationsbedingten Sedimentation, können in den ästuarinen Sedimenten "verschwinden" und erreichen dann nicht den Ozean.

Wie angekündigt und beim Abschlusskongress im September 2011 in Shanghai vorgetragen, wurden zu zwei wissenschaftlichen Fragestellungen Manuskripte eingereicht, die inzwischen z.T. akzeptiert sind. Zwei weitere Manuskripte, von denen eines einen Teil einer im Sommer 2012 abzuschließenden Dissertation bildet, befinden sich in Vorbereitung.

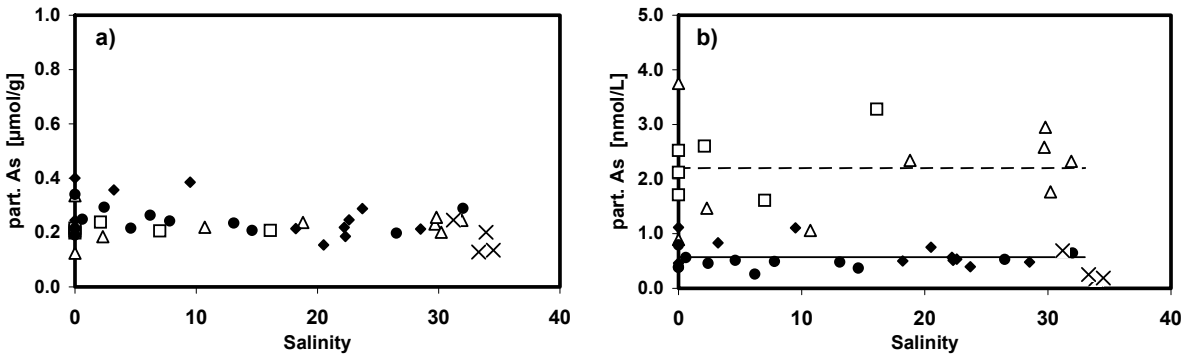
#### ***Arsen in Lösung, kolloidalen und partikulären Phasen von Ästuaren Ost-Hainans***

Da in den Grundwässern – vor allem in verschiedenen Gebieten Süd-Asiens – gesundheitsbedenkliche Konzentrationen von Arsen gemessen worden waren, bestand einer der Schwerpunkte darin, das Verhalten von Arsen in den Flusswässern, im ästuarinen Übergang und im Küstenwasser Ost-Hainans aufzuklären.

Wie im Vorläuferbericht bereits ausgeführt, stieg das gesamt-gelöste Arsen (< 0.4 µm) von niedrigen, kontaminations-armen bzw. -freien Flusswasser-Konzentrationen kontinuierlich zu Pazifik-typischen Küstenwasserwerten an und zeigte während der Trockenzeit im Wesentlichen konservatives Verhalten. In der Regenzeit war jedoch eine wesentlich uneinheitlichere Verteilung entlang des Salzgehaltsgradienten zu beobachten, die auf erhöhte Ablauf- und Auslaugungsraten sowie Übertritte aus den zahlreichen ufernahen Aquakultur-Anlagen zurückgeführt wurde (vgl. Herbeck et al., in press; Unger et al., in press). Dies lässt sich jedoch nur in Lösung, nicht aber am partikulären Arsen in den Schwebstoffen (Abb. 14a) ablesen, die eine seltene, saison-unabhängige, nahezu

konstante Arsen-Zusammensetzung der Partikel in den beiden Ästuaren zeigen; eine Ausnahme bilden nur die Küstenpartikel, bei denen das As vermutlich durch Verdünnung mit frisch produzierten, Calcium-reichen biogenen Partikeln erniedrigt wurde.

Hingegen zeigt die Konzentration von partikulärem Arsen (in den Schwebstoffen) pro Liter Wasser (Abb. 14b) einen deutlichen, aber für beide Ästuar einheitlichen Unterschied zwischen Trocken- und Regenzeit. Dies liegt an den fast viermal höheren Konzentrationen an Schwebstoffen in der Trockenzeit.



**Abbildung 14: Verteilung des partikulären Arsens als Funktion des Salzgehaltes; a) Zusammensetzung (mol As/ Masse Schwebstoffe) und b) Konzentration (mol As / Volumen Wasser); Trockenzeit: Wanquan Ästuar 2006 (offene Vierecke) und Wenchang/Wenjiao Ästuar 2006 (offene Dreiecke); Regenzeit: Wanquan Ästuar 2007 (gefüllte Kreise) und Wenchang/Wenjiao Ästuar 2007 (gefüllte Rhomben); Küstenwasser (Kreuze). Die gestrichelte bzw. die durchgezogene Linie entsprechen dem Mittelwert des partikulären As pro Volumen während der Trocken- bzw. der Regenzeit.**

Die aus den Arsen-Daten der Lösungs- und der Schwebstoff-Phase berechneten (traditionellen) Verteilungskoeffizienten, die große Bedeutung für geochemische Modelle und die Verschmutzungs-Folgen-Abschätzung besitzen, sind in Abb. 15 dargestellt: für beide Hauptjahreszeiten sinken die variablen Werte des Frischwassers ( $30 \cdot 10^3 - 65 \cdot 10^3 \text{ L/kg}$ ) kontinuierlich auf  $15 \cdot 10^3 \text{ L/kg}$  bei hohen Salinitäten. Die – im Vergleich zu anderen Gebieten – hohen  $K_D$ 's resultieren vor allem aus den vergleichsweise niedrigen Lösungswerten von Arsen in den Ästuaren Ost-Hainans.

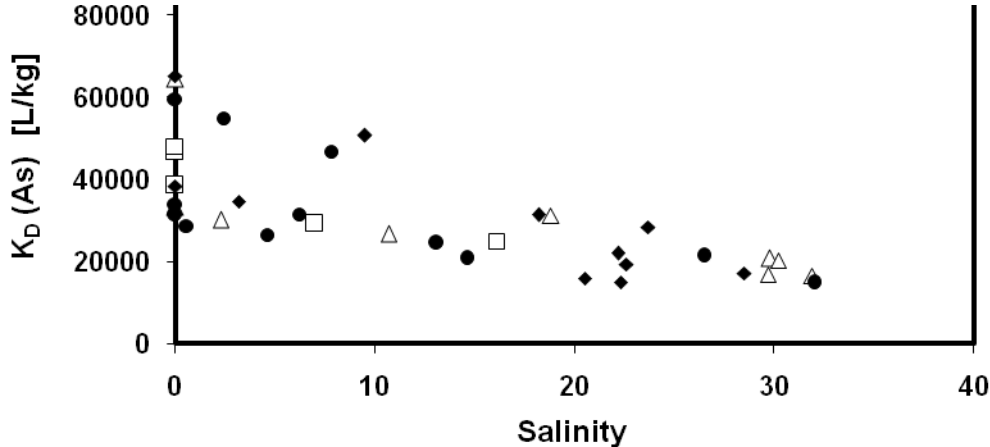


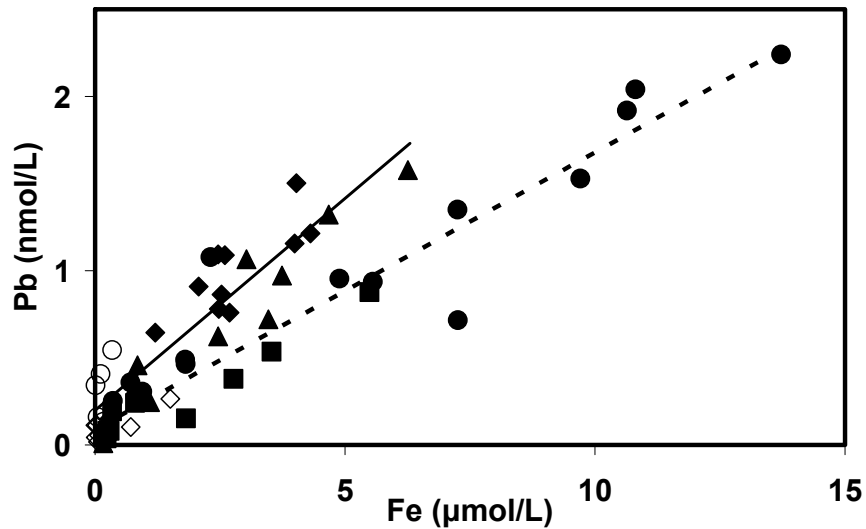
Abbildung 15: Verteilungskoeffizient für Arsen als Funktion des Salzgehaltes; Trockenzeit: Wanquan Ästuar 2006 (offene Vierecke) und Wenchang/Wenjiao Ästuar 2006 (offene Dreiecke); Regenzeit: Wanquan Ästuar 2007 (gefüllte Kreise) und Wenchang/Wenjiao Ästuar 2007 (gefüllte Rhomben);

#### **Ästuarine Modifizierung von gelösten und partikulären Spurenmetallen in größeren Flüssen Ost-Hainans**

Wie im Bericht zum Vorläuferprojekt bereits ausführlich beschrieben und in Fu et al. diskutiert, zeigt das gelöste Fe über das Salinitätsprofil eine deutliche, negative Abweichung von der theoretischen Vermischungslinie, die der häufig beobachteten Überführung in partikuläre Formen durch Ausflockung und Aggregation von Fe aus der Lösungsphase entspricht. Dies ist der Grund für Abschätzungen, dass ca. 90% der globalen Flusszufuhr an Fe den offenen Ozean nie erreicht.

Cadmium hingegen zeigt in den beiden untersuchten Ästuaren nicht nur eine Zunahme von den außerordentlich niedrigen Konzentrationen im Frischwasser zum Küstenwasser hin, sondern auch eine - bei den drei Expeditionen mehr oder weniger deutlich ausgeprägte - Mobilisierung von der partikulären in die Lösungsphase bei mittleren Salzgehalten, was der Chlorid-Komplex-Stabilisierung in der Lösung und der Verdrängung des Cd von Adsorptionsstellen durch die Kationen der Meerwasser-Hauptkomponenten zugeschrieben werden kann.

Die ästuarine Verteilung des Bleis wird in allen Phasen durch die Chemie des Fe beherrscht, wie sich an der Korrelation beider Metalle in der Lösungsform erkennen lässt (Abb. 16). Dass die beiden Korrelationen nicht dieselbe Steigung haben, liegt vermutlich an der größeren Zufuhr von gelöstem Fe in das WWR System. Auch das gelöste Cobalt wird im WR Ästuar wesentlich von der ca. eintausendmal höheren Fe-Lösungskonzentration gesteuert, während im WWR-Ästuar die Aquakultur-Anlagen vermutlich für zusätzlichen Input an Co sorgen (ohne Abb.).



**Abbildung 16: gelöstes Pb vs. gelöstes Fe (offenen Symbole: Trockenzeit, gefüllte Symbole: Regenzeit; ○: WR 2006; ◇: WWR 2006; ◆: WR 2007; ■: WWR 2007; ▲: WR 2008; ●: WWR 2008). Die gestrichelte Linie repräsentiert die Korrelation für alle WR Daten und die durchgezogene Linie die WWR Daten.**

Die gelösten Spurenmetalle Cu und Ni zeigten in beiden Ästuaren im Wesentlichen ein konservatives Verhalten, d.h. dass Eintrag in bzw. Austrag aus der Lösungsphase nicht deutlich zu erkennen waren.

In den Partikeln, v.a. des WR Ästuars, hatten alle untersuchten Spurenmetalle eine recht homogene Verteilung mit konstanten oder leicht sinkenden Gehalten (w/w) entlang des Salinitätsprofils, wobei auch keine saisonalen Unterschiede im Ästuar zu verzeichnen waren (Fu et al.). Im Gegensatz dazu waren die Gehalte im WWR Ästuar deutlich inhomogener, bewegten sich allerdings auf demselben Konzentrations-Niveau wie in WR. Einige über der Endglieder-Mischungslinie liegende Werte deuten auf zusätzlichen Input, wofür insbesondere diffus zugeführte Aquakultur-Partikel und evtl. auch resuspendierte Sedimente infrage kommen.

Um mögliche Quellen für diese Partikel zu identifizieren, wurden alle partikulären Spurenmetall-Gehalte auf Aluminium normalisiert, das zu diesem Zweck vermessen wurde. Die Gehalte der Hauptkomponente Al in den Partikeln sanken entlang des Salinitätsprofils nur leicht von 3.0 mmol/g im Frischwasser auf 2.2 mmol/g im Küstenwasser. Die einzige Ausnahme waren niedrige Werte im WWR-System während der Regenzeit 2007 bei Salinitäten von  $S = 20 - 22$ , die zusammen mit hohen Verhältnissen zu Al von Cd und Pb, nicht aber von Cu, Co, Ni auf anthropogene Zufuhr deuten (Abb. 17).

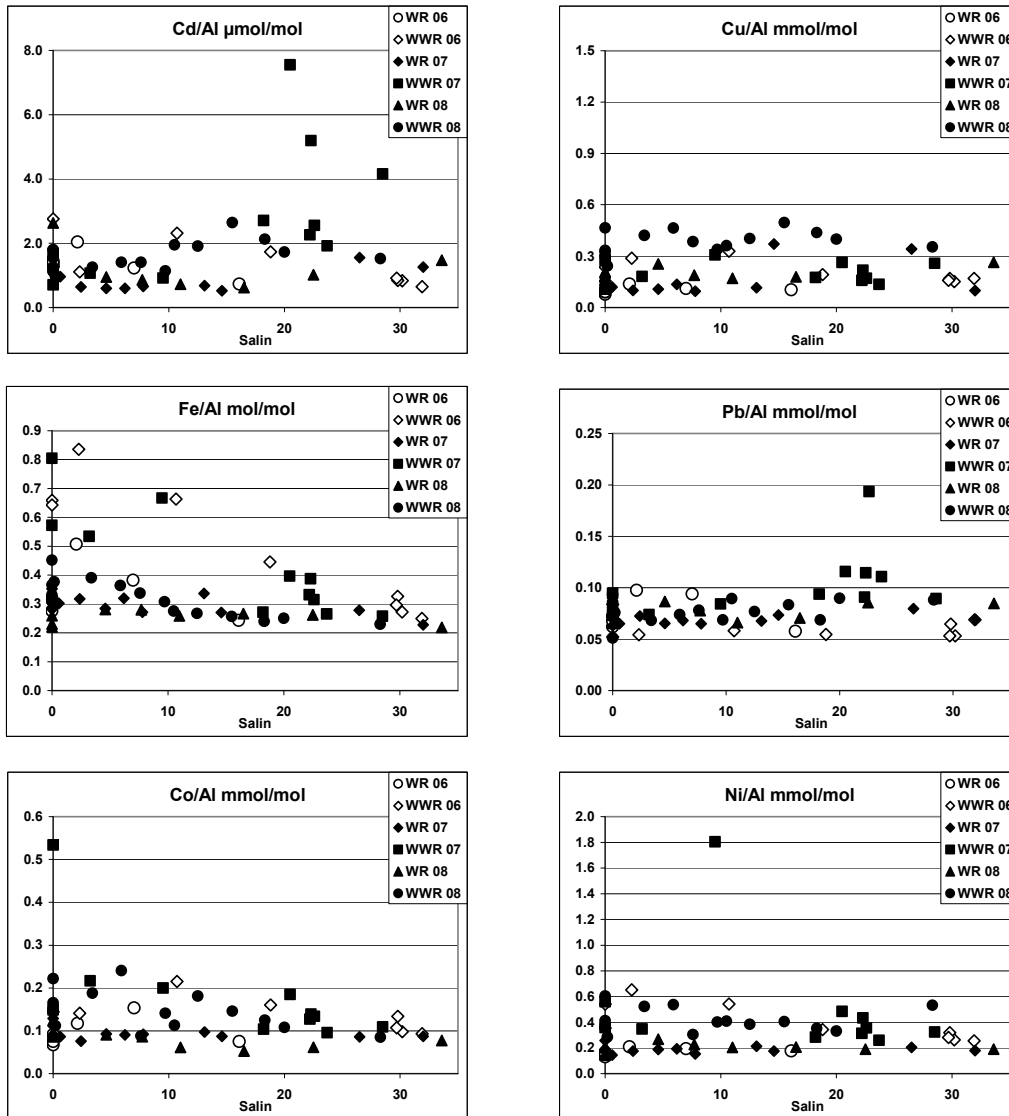


Abbildung 17: Verhältnisse zu Al von Cd, Cu, Fe, Pb, Co und Ni in den Partikeln entlang der Salinitätsprofile

Auffällig bei den Verhältnissen der partikulären Spurenmetalle zu Al sind die recht konstanten Untergrenzen über den gesamten Salinitätsbereich, die die Zusammensetzung in den Gitterpositionen der Partikel aus dem Einzugsbereich repräsentieren könnten (Abb. 17). Allerdings sind diese Verhältnisse (außer Pb; Cd: keine Lateritdaten) um 18% - 70% niedriger als Literaturwerte aus der obersten Schicht von Lateriten Ost-Hainans, die als Produkte extremer Verwitterung gelten. Wenn die genannte Untergrenzen wirklich den Verhältnissen in den Gitterpositionen entsprechen und diese Partikel als Verwitterungsprodukte der dortigen Basalte angesehen werden können, dann wären die Metalle Cu, Fe, Co und Ni im Herkunftsmaterial refraktärer als Al.

### **Ästuarine Modifizierung von kolloidalen und "echt gelösten" Spurenmetallen**

Wie beim Arsen (s.o.) erläutert, wurden die durch Filtration erhaltenen Lösungsproben durch Ultrafiltration in vier weitere (operational definierte) Größen-Fractionen getrennt: 0.45 µm bis zu einem Molekulargewicht von 30000 Dalton (C30), 30 kDa bis 10 kDa (C10), 10 kDa bis 5 kDa (C5) und ein Permeat < 5 kDa (P5). Letzteres wurde für die Zwecke dieser Studie als "echt gelöst" betrachtet. Die separierten kolloidalen Fraktionen wurden - wie folgt - zusammengefasst: HMW = Kolloide mit hohem Molekulargewicht, d.h. von 0.4 µm bis 10 kDa (C30 plus C10) und LMW = Kolloide mit niedrigem Molekulargewicht, d.h. von 10 kDa bis 5 kDa (C5).

Wie bereits im Abschlussbericht des Vorläuferprojekts anhand mehrerer Verteilungsmuster demonstriert, wurden in diesen Kolloid-Fractionen nach der Beseitigung organischer Inhaltsstoffe durch UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Aufschluss mit ICP-MS (nach Flüssig/Flüssig-Extraktion) bzw. Polarographie (direkt) die typischen Verschmutzungselemente Cd, Cu, Ni, Pb, As sowie auch Co, Fe bestimmt. Da die kolloidalen Einzelfractionen aus jeweils vier Einzelmessungen mit ihrem Individualfehler berechnet werden müssen, addieren sich die vier Fehler für die Einzelfractionen und erzeugen v.a., wenn die Einzelfractionen summiert werden, eine beträchtliche Variabilität. Bei der Massenbilanz (Summe der drei Fraktionen im Vergleich zur Einzelbestimmung der gesamten Lösung, < 0.4 µm) wurden zudem Verluste erkannt (Fu, Dissertation), die bei den relativen Anteilen berücksichtigt wurden.

Die größte relative Bedeutung unter den vier Einzelfractionen hat das Cobalt in Assoziation mit der Fraktion 0.45 µm bis 10 kDa (HMW). Die weitere Untersuchung (Fu, Dissertation) ergab, dass deren relative Bedeutung von 75-80% im Frischwasser auf ca. 35% im Küstenozean fällt. Umgekehrt steigt die "echt gelöste" Anteil von ca. 10% auf 30-40% im Küstenwasser, während der Anteil des Co in der LMW-Fraktion relativ konstant bei ~ 20% verbleibt. Demnach scheint ein Transfers von Co v.a. aus der höhermolekularen in die "echt gelöste" Fraktionen stattzufinden. Unter der Prämisse, dass terrestrische Makromoleküle wie Huminstoffe etc. den Hauptteil der Kolloidfraktionen > 10 kDa konstituieren, könnte dies bedeuten, dass die zunehmende Ionenstärke und evtl. die Ionenmatrix von Meerwasser das Co in Richtung "echter Lösung" drängen.

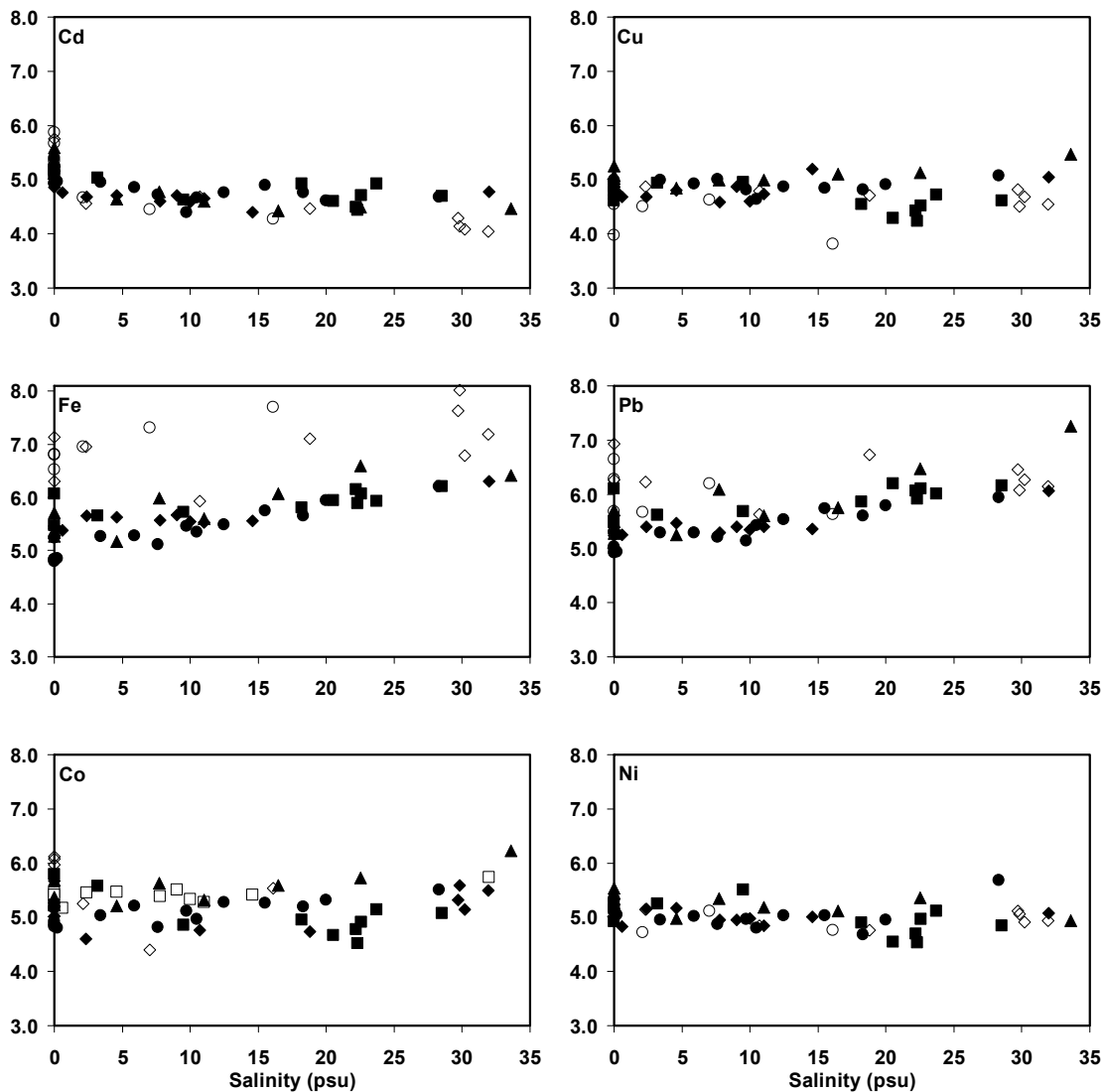
Beim Cadmium steigt die Gesamt-Lösungskonzentration in beiden Ästuarsystemen mit zunehmender Salinität (s.o.), wobei jedoch die "echte gelöst" Fraktion mit ca. 75% die größte relative Bedeutung hat. Im gesamten Profil der Salinitäten (und damit auch der Chloridkonzentrationen) dominieren also Cadmiumionen mit Hydrathülle und/oder in Form kleinerer, v.a. anorganischer Komplexe das Größenspektrum. Das Nickel verhält sich weitgehend ähnlich wie Cd, mit einem Vorherrschen in der "echt gelösten" Fraktion. Beim Blei sinkt die Gesamt-Lösungskonzentration in beiden Ästuarsystemen mit zunehmender Salinität. Noch stärker jedoch als beim Co ist sowohl die Assoziation des Pb mit der Fraktion C30 als auch die fehlende Relevanz von Pb in allen kleineren Fraktionen ausgeprägt. Sogar im Küstenwasser ist der überwiegende Teil des Pb mit dieser größten Kolloidfraktion verknüpft.

Am stärksten ist die Affinität zu (evtl. z. T. selbst gebildeten) Kolloiden bei Fe mit > 95% in der HMW-Fraktion ausgeprägt, was bereits durch die non-konservative Abnahme von Fe in der Gesamt-Lösung nahegelegt wurde. Kupfer liegt zu 40% bzw. 52% (in WR bzw. WWR) in "echt gelöster" Form in der Gesamt-Lösung (< 0.4 µm) vor, gefolgt in der relativen Bedeutung von Cu in LMW und Cu in HMW. Obwohl das Cu in der Gesamt-Lösung sich eher konservativ verhält, zeigt die Ultrafiltration, dass Cu bei niedrigen



Salzgehalten von der HMW-Fraktion zur "echten Lösung" transferiert wird, während die LMW-Fraktion in ihrer relativen Bedeutung ~ konstant bleibt.

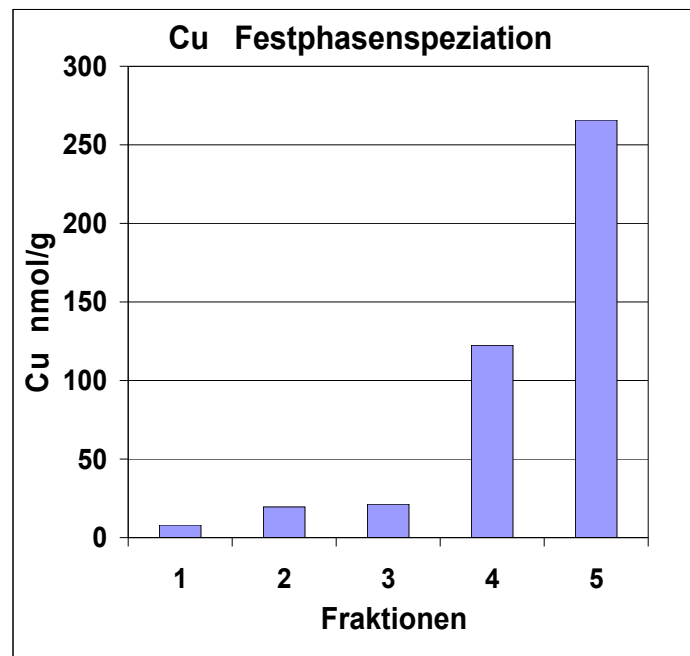
Es bestätigt sich, dass die Verteilung der von Cd, Co und Pb zwischen den kolloidalen Fraktionen und der "echt gelösten Fraktion eine gewisse Analogie zu dem Verteilungsmuster dieser Elemente im Ozean zeigt, wo die partikelreaktiven Elemente Co und Pb eine "scavenged-type" und das wenig partikelreaktive Cd eine nährstoffähnliche Verteilung zeigen.



**Abbildung 18: Verteilungskoeffizient ( $\log_{10}K_D$  [L/kg]) für Cadmium, Kupfer, Eisen, Blei, Cobalt und Nickel als Funktion des Salzgehaltes; Trockenzeit: Wanquan Ästuar 2006 (offene Kreise) und Wenchang/Wenjiao Ästuar 2006 (offene Rhomben); Regenzeit: Wanquan Ästuar 2007 (gefüllte Rhomben) sowie 2008 (gefüllte Dreiecke) und Wenchang/Wenjiao Ästuar 2007 (gefüllte Vierecke) sowie 2008 (gefüllte Kreise).**

**Das Konzept der Verteilungskoeffizienten unter Berücksichtigung der Größenklassen bei "gelösten" und der Festphasen-Speziation bei partikulären Spurenmetallen**

Recht einheitliche Verteilungskoeffizienten ( $K_D$  [L/kg]) wurden für die verschmutzungsrelevanten Spurenmetalle Cd, Cu, Pb, Ni sowie die eher durch ihre natürlichen Kreisläufe dominierten Elemente Fe und Co beobachtet (Abb. 5). Dieses Verhalten ist trotz der logarithmische Glättung in Abb. 18 insofern erstaunlich, als in jedem Einzelwert Lösungs- und Partikel-Daten mit ihren jeweils unterschiedlichen Einflussfaktoren enthalten sind. Für die genannten Metalle liegen die  $\log_{10}K_D$  - Werte hauptsächlich im Bereich von 4.5 bis 6.5. Nur bei Cd nimmt der  $K_D$  mit zunehmendem Salzgehalt deutlich ab, was zur Trockenzeit besonders ausgeprägt ist. Für Cu, Co und Ni zeigt sich eine Salinitäts-unabhängige Verteilung der  $K_D$ -Werte, die zudem keinerlei auffällige Unterschiede zwischen den Hauptjahreszeiten aufweisen. Bei Eisen und Blei hingegen zeigt sich nicht nur eine im Vergleich zu den anderen Metallen relativ hohe, sondern auch eine mit dem Salzgehalt stark zunehmende Affinität zur partikulären Phase. Vermutlich wird das gelöste Blei mit dem mehr als tausendmal höher konzentrierten, gelösten Fe im Verlauf der zunehmenden Ionenstärke ausgefällt.

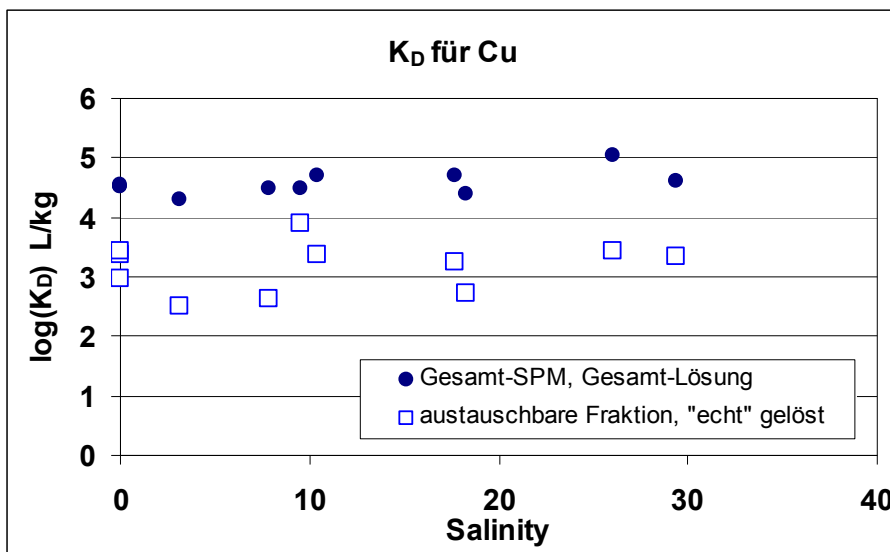


**Abbildung 19: Festphasen-Speziation von Kupfer in suspendierten Partikeln der Ästuare WR und WWR der Trockenzeit 2009 (Mittelwert, n=10); dargestellt sind die partikulären Cu-Konzentrationen in den Fraktionen: 1 = in ionenaustauschbarer Form, 2 = in Assoziation mit Karbonaten, 3 = in Assoziation mit Fe/Mn-Oxiden, 4 = in Assoziation mit Organischer Substanz und Sulfiden sowie 5 = in Assoziation mit refraktärem / silikatischem Rückstand.**

Traditionell wird für die Berechnung von Verteilungskoeffizienten die Konzentration des jeweiligen Elements auf das Gesamt-Partikel (also einschließlich der Gitterpositionen) bezogen, bzw. auf die Gesamt-Lösung (einschließlich der Kolloide). An der (hier interessierenden) Wechselwirkung Lösung-Schwebstoffpartikel sind jedoch primär weder die Elemente in Kolloiden (auf der Lösungsseite) noch die Elemente, die in Gitterpositionen der Partikel sitzen, beteiligt. Um die Aussagekraft der

Verteilungskoeffizienten zu erhöhen bzw. weiter zu untersuchen, wurde versucht, die letztlich an der Gleichgewichtseinstellung beteiligten Spezies - nämlich die in „echter Lösung“ vorliegenden hydratisierten bzw. schwach komplexierten Ionen und die an der Partikeloberfläche befindlichen (adsorbierten) Elementformen - analytisch besser zu erfassen. Dazu wurden bereits die Filtrate ( $< 0.4 \mu\text{m}$ ) weiter in Kolloidfraktionen und echte Lösung zerlegt und getrennt analysiert (s.o.). Neu begonnen wurde die Analyse der Festphasen-Speziation, worunter man eine operational definierte, sequentielle Extraktion der realen Partikel-Mischung durch zunehmend stärkere Lösungen/Maßnahmen versteht. Dies wurde zunächst an ausgewählten Sedimente getestet ( Bachelor-Thesis Frau Yin) und dann an Proben der Trockenzeit 2009 fortgeführt. In Abb. 19 ist für 10 Proben aus beiden Ästuaren die Verteilung des Kupfers in den verschiedenen partikulären Formen dargestellt. Die Konzentration von Cu in der besonders interessierenden ionenaustauschbaren Form des SPM ist mit nur 8 nmol/g sehr niedrig im Vergleich zu Cu, das verbunden mit Karbonaten vorliegt (20 nmol/g), zu Cu in Assoziation mit FeIII/MnIV-Oxiden (21 nmol/g), zu Cu, das an organische Substanz oder Sulfide fixiert ist (122 nmol/g), oder v.a. zu Cu, das als refraktärer bzw. silikatischer Rückstand (266 nmol/g) nur durch Aufschluss zugänglich ist. In diesen Schwebstoffen trägt das Cu in ionenaustauschbarer Form nur zu ca. 1.8% zum partikulären Gesamt-Kupfer bei.

An den zu diesen SPM-Proben korrespondierenden Lösungsproben wurde sodann Cu in der Gesamtlösung ( $< 0.4 \mu\text{m}$ ) und in "echt gelöster" Form ( $< 5 \text{kDa}$ ) bestimmt, um aus den beiden Datensätzen die zwei Typen von  $K_D$ 's zu berechnen. In Abb. 20 sind daher für alle Einzelproben zum einen die traditionellen Verteilungskoeffizienten für Cu ( $K_D = [\text{Cu im Gesamt-SPM}] / [\text{Cu in der Gesamtlösung}]$ ) und zum anderen die gleichgewichts-relevanteren Verteilungskoeffizienten für Cu ( $K_D = [\text{Cu in der austauschbaren Fraktion des SPM}] / [\text{Cu in "echter Lösung"}]$ ) dargestellt.



**Abbildung 20: Salinitätsabhängigkeit der Verteilungskoeffizienten für Cu in WR und WWR der Trockenzeit 2009, die nach zwei unterschiedlichen Verfahren berechnet wurden: a) die traditionellen  $K_D$  aus Cu im Gesamt-SPM und Cu in der Gesamtlösung sowie b) die gleichgewichts-relevanteren  $K_D$  aus Cu in der Austauschbaren Fraktion des SPM und dem Cu in "echter Lösung".**

An Abb. 20 fällt zunächst auf, dass sich die beiden unterschiedlich definierten  $K_D$  nur um etwas mehr als eine Größenordnung, also nicht dramatisch unterscheiden, wobei die traditionell definierten  $K_D$  aus der Trockenzeit 2009 weitgehend mit den entsprechenden

Werten der Trockenzeit 2006 übereinstimmen. Der nur geringe Unterschied liegt daran, dass bei der gleichgewichts-relevanten  $K_D$  - Version das Cu in der austauschbaren Fraktion nur einen sehr geringen Anteil am Gesamt-SPM bildet und ebenso das Cu in "echter Lösung" nur einen sehr geringen Anteil an der Gesamtlösungsphase darstellt. Wichtiger ist allerdings die Salinitätsabhängigkeit der beiden  $K_D$ -Typen insofern, als zumindest bei Cu keine deutlichen Auswirkungen des o.a. Transfers von Cu von der HMW- in die "echt gelöste" Fraktion zu beobachten sind.

Die Analysen für Cu sollten auf weitere Metalle ausgedehnt werden, um diesen neuen Typ von Verteilungskoeffizienten zu berechnen. Trotz langwieriger Versuche auf der Basis von Flüssig/Flüssig- sowie von Festphasen-Extraktion (8-Hydroxychinolin immobilisiert an MAF-Kieselgel) gelang es bei den anderen Spurenmetallen nicht, deren sehr niedrige Konzentrationen in der austauschbaren Fraktion vor dem Hintergrund der um den Faktor  $10^7$  bis mehr als  $10^8$  höheren Konzentration von  $Mg^{2+}$  (1 mol/L) vertrauenswürdig zu bestimmen, das die Grundlage beim analytischen Schema nach Tessier bildet. Da diese Proben verbraucht waren, konnten bislang keine Alternativen entwickelt werden.

### 3.4.2. Publikationen

#### Akzeptiert:

Balzer W, Boehler E, Tang X-L, Ren J, Zhang J, Wang D. Arsenic in solution, colloidal and particulate phases of East-Hainan estuaries. *Continental Shelf Research*. (akzeptiert)

Fu, J, Tang X-L, Zhang J, Balzer W. Estuarine modification of dissolved and particulate trace metals in major rivers of East-Hainan, China. *Continental Shelf Research*. (akzeptiert durch handling guest editor und managing guest editor, noch nicht durch editor-in-chief)

#### Manuskripte In Vorbereitung:

Fu, J, Balzer W, Tang X-L, et al. Transport of trace metals in colloidal form through estuarine systems of East-Hainan.

Balzer W, Yin X, Fu J, Tang X-L, et al. The concept of distribution coefficients re-visited: trace elements in various size classes and solid phase speciation of East Hainan estuaries.

#### Dissertationen:

Fu J, Einreichung im Sommer 2012 geplant. Untersuchungen zur Speziation von verschmutzungsrelevanten Spurenmetallen in tropischen Ästuar- und Küstensystem (Südchina, Nord-Ost-Brasilien). University of Bremen.

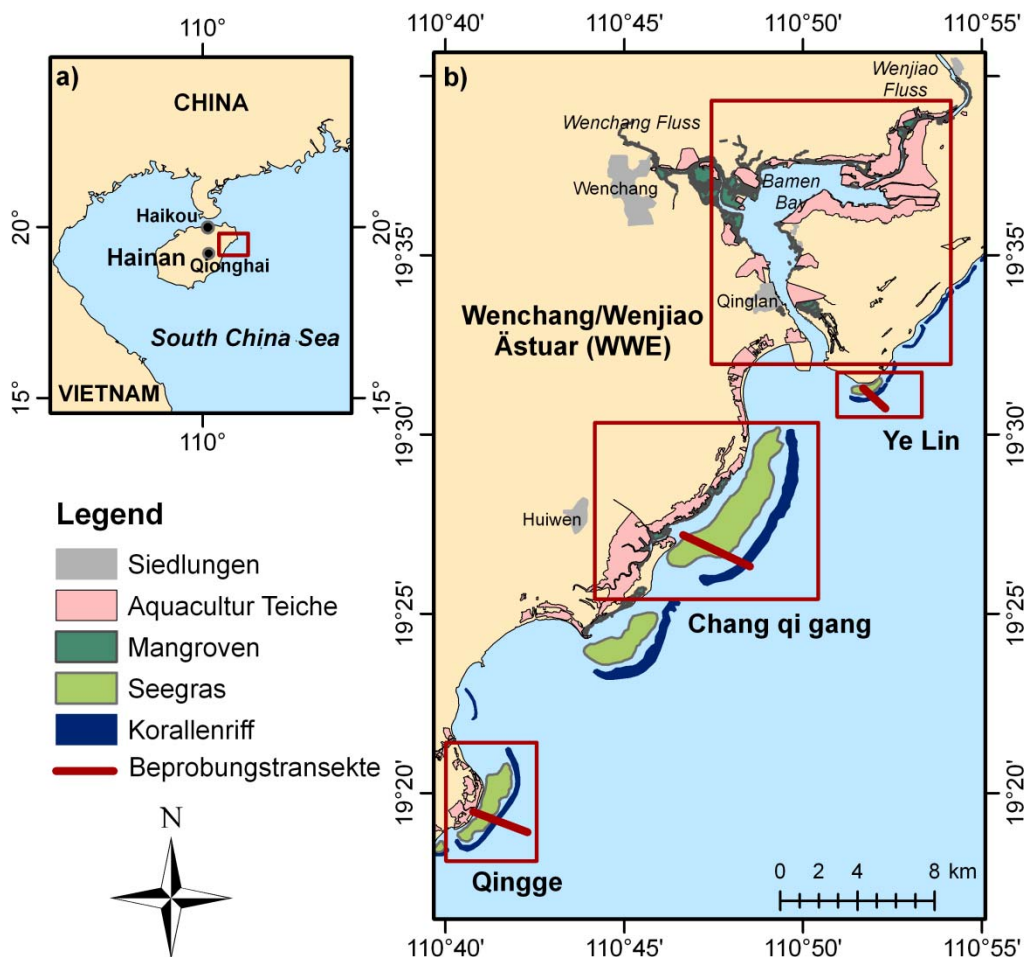
### 3.5 Teilprojekt 5 „Auswirkungen anthropogener Aktivitäten auf die Flüsse und Transformation von Nährstoffen und organischen Substanzen vom Einzugsgebiet in die Küstenmeere“ (PD Dr. Tim Jennerjahn, Dr. Daniela Unger & Dr. Lucia Herbeck, ZMT)

#### 3.5.1 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse

Im Rahmen des Teilprojektes wurde untersucht, wie landbasierte anthropogene Aktivitäten den Eintrag von Nährstoffen und organischem Material (OM) in die tropischen küstennahen Gewässer im nordöstlichen Hainan, China, verändern, und wie dies wiederum die Gesundheit und ökologische Funktionen von Küstenhabitaten beeinflusst. Unter Anwendung biogeochemischer, isotopengeochemischer und ökologischer Methoden wurden die Quellen, die Transformationsprozesse und der Verbleib von Nährstoffen und OM in zwei Ästuaren (Wenchang/Wenjiao und Wanquan Ästuar) und entlang der vorgelagerten Küstengewässer inklusive dreier Rückriffbereiche im Nordosten Hainans bestimmt.

Die Probennahmen und Messungen erfolgten sowohl in der Wassersäule und im Sediment der Flüsse, Ästuare und Rückriffbereiche, als auch in Gebieten, die potentielle Quellen vermehrten Nährstoffeintrags sind, darunter insbesondere landwirtschaftliche Produktionsflächen, Aquakulturteiche und Drainagekanäle. Die Proben wurden während vier Feldaufenthalten in den Jahren 2006 bis 2009 im Rahmen von LANCET I entnommen, einmal vor und im Anschluss an einen Taifun. Sie wurden auf anorganische Nährstoffe, den Gehalt von gelöstem und partikulärem organischem Kohlenstoff und Stickstoff, auf die Zusammensetzung der stabilen Isotope des organischen Kohlenstoffs ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ ) und Stickstoffs ( $\delta^{15}\text{N}$ ), auf Aminosäuren und Aminosäurezucker, sowie auf Chlorophyll a hin analysiert. Da die Ergebnisse aus dem südlich gelegenen Wanquan Ästuar hauptsächlich von unseren Chinesischen Kollegen bearbeitet wurden (Li et al., 2012; Wu et al., subm. CSR) beziehen wir uns im Folgenden ausschließlich auf die Ergebnisse aus dem Wenchang/Wenjiao-Ästuar (WWE) und angrenzenden küstennahen Gewässern (Abb. 21). Ein wesentlicher Teil der Ergebnisse der Untersuchungen am organischen Material (Aminosäuren und -zucker, Kohlenstoffisotope) wurden bereits im Abschlussbericht der ersten LANCET Phase ausführlich beschrieben und im Rahmen des CSR Sonderbandes von Unger et al. (2012) veröffentlicht.

In dem hier vorliegenden Bericht konzentrieren wir uns vor allem auf die stabilen Stickstoffisotope und die Auswirkung der menschlichen Aktivitäten auf die Ökosysteme der Küstengewässer. Neben den o.g. biogeochemischen Analysen wurde dazu auch der Gesundheitszustand der Seegräser in drei küstennahen Rückriffbereichen untersucht. An drei Untersuchungsbereichen entlang der Küsten von Ye Lin, Qingge und Chang qigang, die durch unterschiedlich große Aquakulturflächen im Hinterland (0,04, 2,4 und 8,7 km<sup>2</sup>) charakterisiert sind, wurden Nährstoff- und OM-Flüsse von den Abflüssen der Teichanlagen in die jeweiligen Rückriffbereiche bestimmt. Gleichzeitig wurden an mehreren Stationen entlang eines Transektes senkrecht zur Küstenlinie die Artenzusammensetzung, die Triebdichte, sowie die ober- und unterirdische Biomasse von Seegräsern untersucht. An denselben Stationen wurden Blätter der dominanten Seegrasart *Thalassia hemprichii* gesammelt und auf Epiphytenfrucht,  $\delta^{15}\text{N}$  sowie stabile Schwefelisotopen ( $\delta^{34}\text{S}$ ) analysiert. Des Weiteren wurde ein Bioassay-Experiment durchgeführt. Dazu wurde Meerwasser mit Plankton von küstenfernen Stationen in Dialysebeutel gefüllt und entlang der Küstentransekte inkubiert.



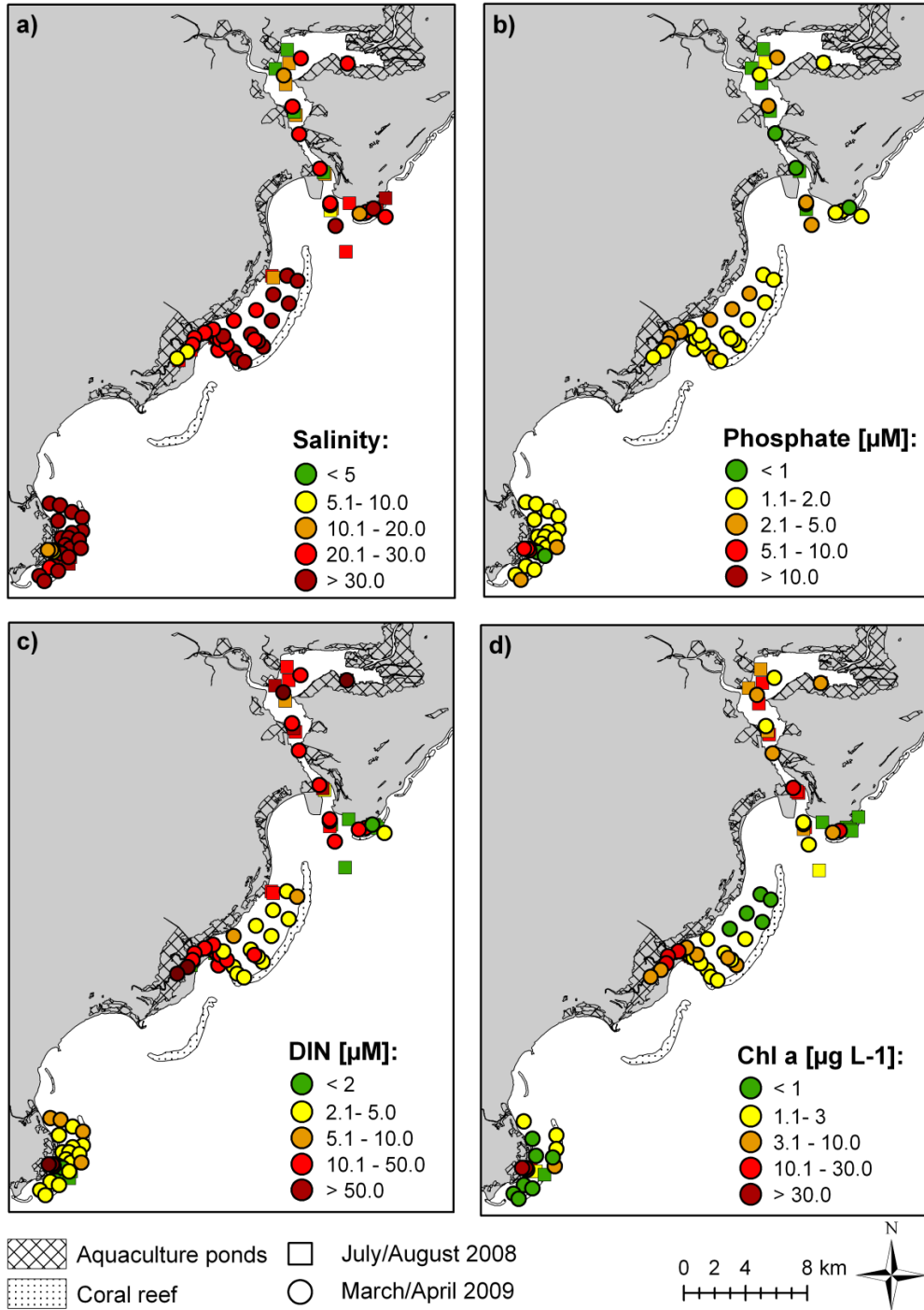
**Abbildung 21:** Lage des Arbeitsgebietes an der Nordost-Küste Hainans, südliches China, (a) und Übersicht über das Arbeitsgebiet (b) mit den einzelnen Beprobungsgebieten WWE, Ye Lin, Chang qi gang und Qingge (in roten Kästen), sowie Küstenhabitaten, Siedlungen und Aquakulturtischen. Entlang der Beprobungstransecte (rote Linien) befinden sich die Beprobungsstationen des Bioassay-Experiments und der Seegrassstudie im Abstand von 50, 100, 250, 500, 1000 and 2500 Metern von der Küstenlinie. Die Karte basiert auf Satellitendaten (Geo EyeTM, 2009).

Die Ergebnisse der Analysen weisen darauf hin, dass Abflüsse aus Aquakulturtischen zu hohen Nährstoff- und OM-Einträgen in das WWE und in Küstengewässer führen (Tabelle 1; Herbeck et al., subm. CSR). Insbesondere Ammonium und gelöster organischer Stickstoff treten in hohen Konzentrationen auf. Nährstoffe und OM stimulieren das Wachstum von Phytoplankton und begünstigen damit die Eutrophierung von Ästuar- und Küstengewässern (Abb. 22). Die Einträge ins Ästuar werden zum größten Teil relativ schnell durch die effiziente Aufnahme durch Phytoplankton aus der Wassersäule entfernt, zumindest in Perioden geringer Niederschläge im Hinterland (Abb. 23a; Herbeck et al., 2011 & subm. CSR). Die direkte Einleitung der Teichabwässer in die Küstengewässer bewirkt hingegen eine kontinuierliche Nährstoffanreicherung, vor allem in küstennahen Rückriffbereichen, die normalerweise durch oligotrophe Bedingungen geprägt sind (Abb. 22).

**Tabelle 1: Mittlere Konzentrationen von gelösten und partikulären Stickstoffkomponenten und deren stabile Isotopenverhältnisse ( $\delta^{15}\text{N}$ ) in Garnelenteichen, Fischteichen und in den Drainagekanälen der Zuchtteiche im März/April 2009 inklusive Standardabweichung und Datenbereich. Tabelle aus Herbeck et al. (in press).**

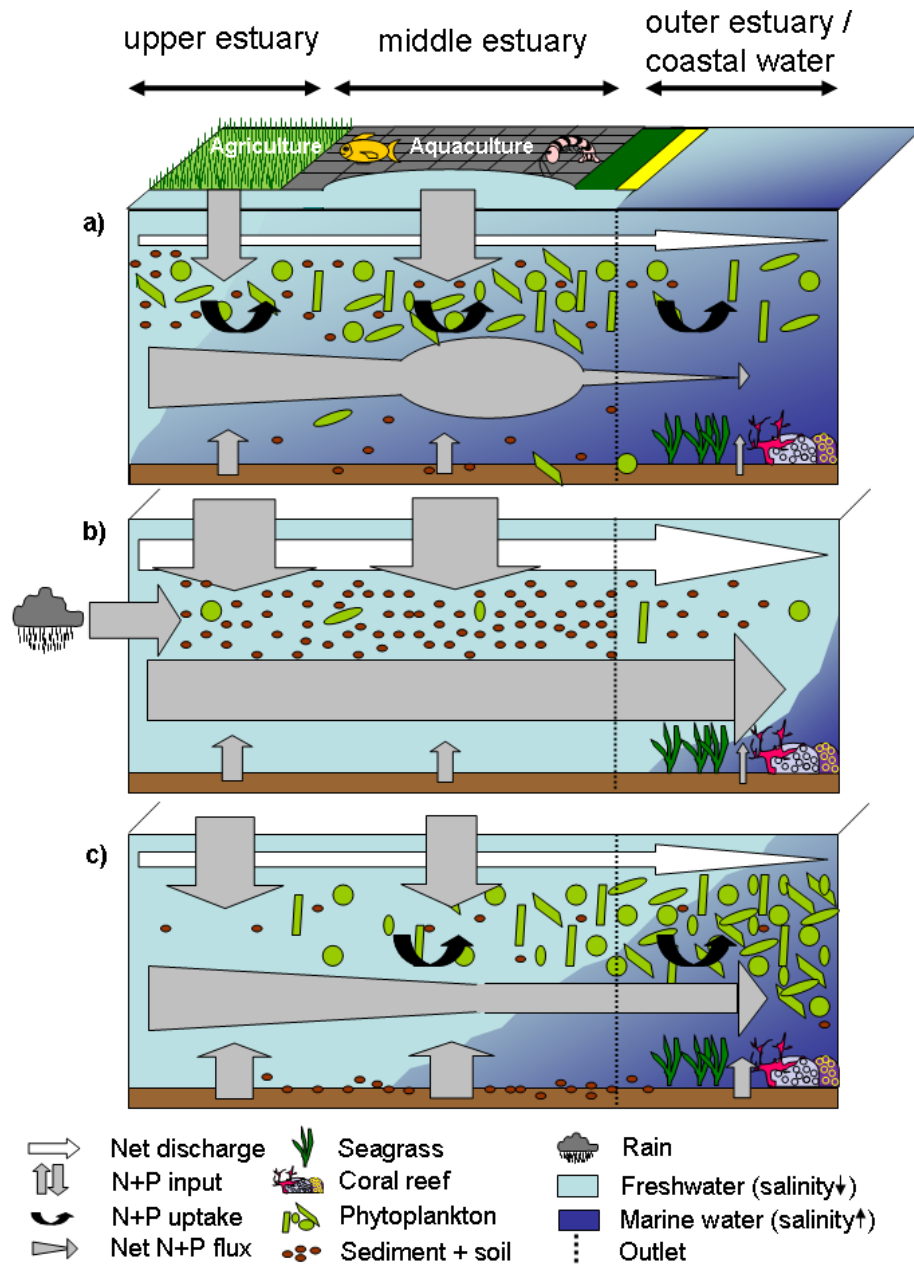
	DIN [ $\mu\text{M}$ ]	$\text{NH}_4^+$ [ $\mu\text{M}$ ]	$\text{NO}_3^-$ [ $\mu\text{M}$ ]	$\text{NO}_2^-$ [ $\mu\text{M}$ ]	TN-TSM [ $\text{mg L}^{-1}$ ]	$\delta^{15}\text{N-NH}_4^+$ [‰]	$\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ [‰]	$\delta^{15}\text{N-TSM}$ [‰]
<b>Shrimp ponds</b>								
Mean	88.8	56.1	26.4	0.5	0.7	15.4		8.8
Range	19.9-332	7.7-179	4.3-117	0.1-1.0	0.1-1.5	14.9-16.0		2.8-20.8
SD	121.4	65.7	44.6	0.4	0.7	0.8		6.4
n	6	6	6	6	4	2		6
<b>Fish ponds</b>								
Mean	76.4	48.3	25.5	2.7	1.8	16.2	7.1	11.4
Range	6.4-200	3.0-122	0.0-145	0.2-6.7	0.3-6.6	2.6-24.2	2.9-12.1	5.9-18.6
SD	60.0	41.6	35.1	2	1.9	9.1	3.5	4.3
n	20	20	20	20	14	7	7	13
<b>Drainage channels</b>								
Mean	100.0	63.4	37.3	2.8	2.6	18.1	6.5	9.1
Range	10.1-284	3.4-189	0.4-163	0.2-11.2	0.01-17.3	12.8-24.8	3.2-10.4	5.4-15.1
SD	80.3	56.3	41	3.1	4.5	4.0	2.4	3.1
n	18	17	18	18	13	9	9	14

Zusätzlich konnten speziell nach einem Taifun niederschlagsbedingte Süßwasserpulse festgestellt werden, die zusätzliche hohe Mengen von Nährstoffen und OM aus den landwirtschaftlichen Nutzflächen im Hinterland des Ästuars in die Küstengewässer transportierten (Abb. 23b,c; Herbeck et al., 2011). Da die Region zu den am häufigsten von tropischen Stürmen betroffenen Gebieten der Erde zählt, ist die regelmäßige zusätzliche Verschlechterung der Wasserqualität durch die nährstoffreichen Süßwasserpulse ein weiterer bedeutender Stressfaktor für die Küstenhabitats. Verschärft wird die Situation durch die weitgehend verloren gegangene Filterfunktion des stark reduzierten Mangrovenbestandes im WWE.



**Abbildung. 22: Salinitätsverteilung (a), sowie Konzentrationsverteilung von Phosphat (b), gelöstem inorganischen Stickstoff (DIN) (c) und Chlorophyll a (d) im WWE und im nahen Küstenbereich der drei Beprobungsgebiete im Juli/August 2008 und im März/April 2009. Grüne Punkte zeigen Konzentrationen an, welche als oligotroph oder mesotroph klassifiziert werden können. Gelbe und rote Punkte zeigen eutrophe Bedingungen an. Abbildung aus Herbeck et al. (in press).**





**Abbildung 23: Schaubild zur vereinfachten Darstellung der wichtigsten biogeochemischen Prozesse im Wenchang/Wenjiao Ästuar (a) während keinem bis mittelstarken Regen, (b) direkt nach einem Starkregenereignis (z.B. Typhoon) und (c) 1-2 Wochen nach einem Starkregenereignis (z.B. Typhoon). (a) Während keinem oder geringen Regen erstreckt sich der Salinitätsgradient über das gesamte Ästuar, der Abfluss ist gering, und gelöster Stickstoff und Phosphat, welche in das Ästuar durch Landwirtschafts- und Aquakulturbedwässer sowie durch benthisches Recycling eingetragen werden, werden größtenteils noch innerhalb der Lagune von Phytoplankton aufgenommen. Daher kommt es zu einem geringen Nährstoffexport in die Küstengewässer trotz hoher anthropogener Nährstoffeinträge in das Ästuar. (b) Starke Regengüsse führen zu einer Süßwasserdominanz entlang des gesamten Ästuars, zu einem erhöhten Abfluss, sowie zu einer hohen Partikelfracht durch Erosion von Sedimenten und Böden im oberen**

Einzugsgebiet. Es kommt zu einem verstärkten Nährstoffeintrag in das Ästuar durch Auswaschen von z.B. Düngern aus landwirtschaftlich genutzten Böden sowie durch den Regen selbst. Die Nährstoffe werden direkt in die Küstengewässer exportiert, da sie aufgrund des hohen Abflusses nicht von Phytoplankton in der Lagune aufgenommen werden können (c) 1-2 Wochen nach einem Starkregenereignis waren Süßwasserbeeinflussung und Abfluss wieder geringer, wodurch es zu Absetzen der allochthonen Partikel und zu einer Wiederkehr von Phytoplankton in der Lagune kam. Letztere nahmen in hohem Maße die eingetragenen Nährstoffe auf. Dadurch kam es zu einem verminderten jedoch immer noch messbaren Nährstoffaustrag in die Küstengewässer. Gleichzeitig führte dies zur Bildung einer Algenblüte im äußeren Ästuar.

Erstmals veröffentlichte  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte des Ammoniums von durchschnittlich  $\sim 17\text{‰}$  zeigen, dass Aquakulturabwässer sehr stark mit  $^{15}\text{N}$  angereichert sind (Tabelle 1, Herbeck et al., subm. MEPS). Ähnlich hohe  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte des Ammoniums und Nitrats im WWE verdeutlichen die enorme Beeinflussung des Ästuars durch Aquakulturteiche (Abb. 24). Auch  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von 5-12‰ in suspendiertem Material, Seegrassblättern und Epiphyten aus den drei Rückriffbereichen gehören zu den höchsten, die weltweit je gemessen wurden (Abb. 25). Das küstenferne Phytoplankton, welches in den Bioassays an den küstennahen Stationen inkubiert wurde, verzeichnete einen enormen Anstieg des  $\delta^{15}\text{N}$  von  $<7\text{‰}$  auf bis zu  $14\text{‰}$  (Abb. 26). Diese Werte zeigen den gravierenden Einfluss der  $^{15}\text{N}$ -reichen Teichabwässer auf die Wasserqualität der Rückriffbereiche von Qingge and Chang qi gang, der sogar über eine Distanz von 2,5 km hinaus festgestellt werden konnte (Herbeck et al., subm. MEPS).

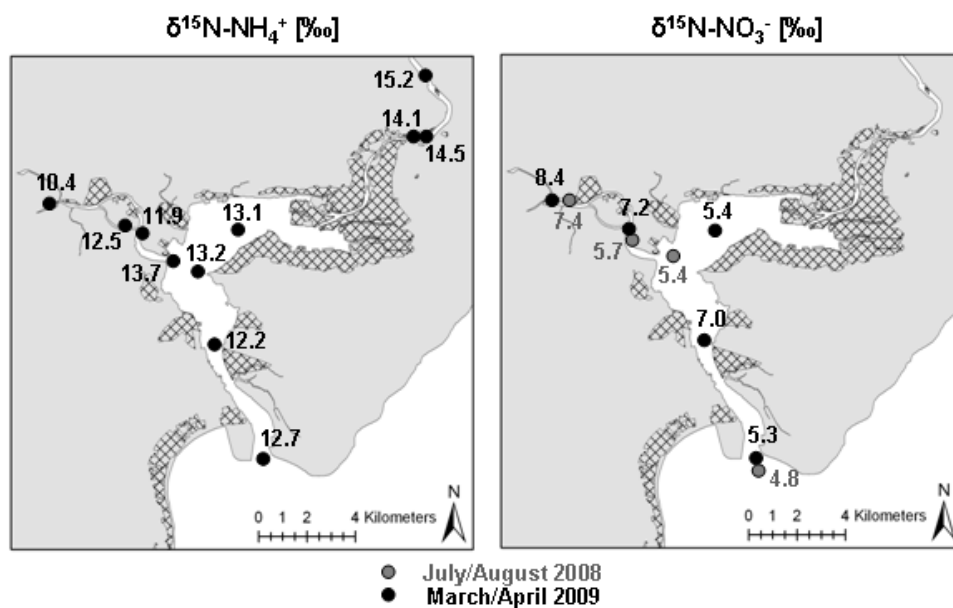
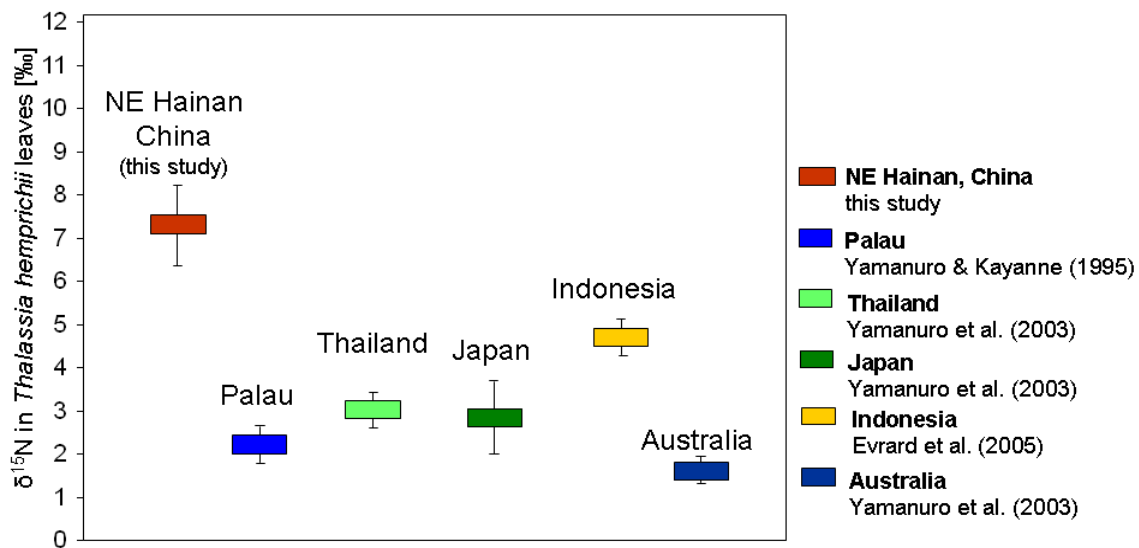


Abbildung 24: Verteilung der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von Ammonium und Nitrat über das Wenchang/Wenjiao Ästuar im Juli/August 2008 und im März/April 2009. Die Probenahme fand während keinem oder geringen Regen statt.



**Abbildung 25:**  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von Blättern der Seegrasart *Thalassia hemprichii* aus dem Arbeitsgebiet im Vergleich zu verschiedenen anderen Regionen der Welt.

Der stärkere Epiphytenbewuchs von *T. hemprichii* in diesen Gebieten im Vergleich zu Ye Lin (Abb. 27, 28) zeigt, dass Seegräser in Bereichen, die den Teichabwässern ausgesetzt sind, durch das verstärkte Algenwachstum von Beschattung und reduzierter Photosynthese-Aktivität betroffen sind.  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte in *T. hemprichii*-Blättern lagen zwischen 15‰ und 18‰ und damit deutlich unter dem Normalwert von 21‰ in Meerwasser (Abb. 29). Dies ist durch ein vorübergehendes Eindringen von Sulfiden in das Blattgewebe zu erklären, wo Seegräser den Teichabflüssen besonders ausgesetzt sind und im Sediment hohe Mengen von OM teilweise unter sub- oder anaeroben Bedingungen abgebaut werden. Die nahe an den Aquakulturen gelegenen Seegraswiesen weisen zudem eine wesentlich geringere Artenvielfalt ( $\leq 2$  Spezies), Triebdichte ( $\leq 100$  Triebe  $\text{m}^{-2}$ ) und absolute Biomasse ( $< 350$   $\text{g m}^{-2}$ ) auf, als diejenigen an der Station Ye Lin ( $\leq 6$  Spezies, 2000-3000 Triebe  $\text{m}^{-2}$  und 350-670  $\text{g m}^{-2}$ ) (Abb. 30, 31). Dies deutet auf schlechte Wachstumsbedingungen unter dem Einfluss der Teichabwässer hin.

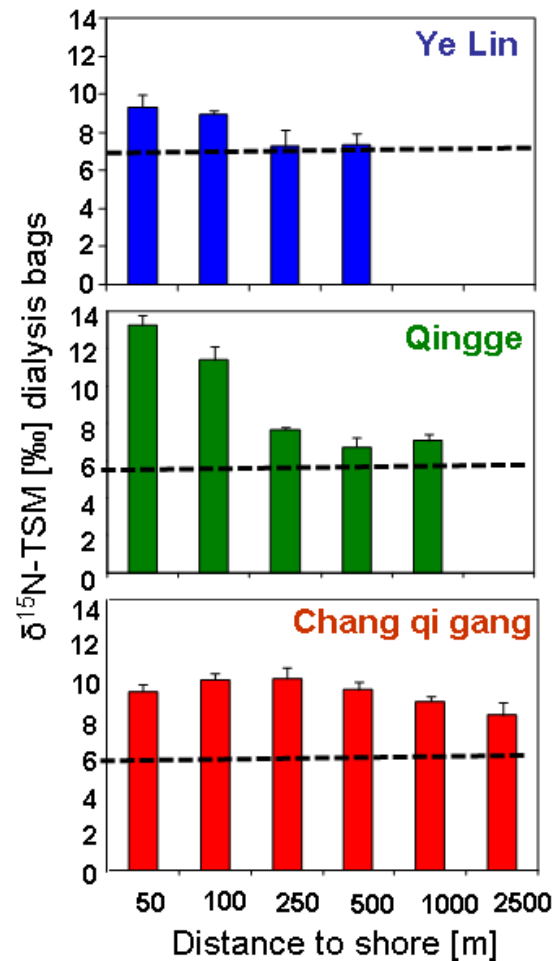


Abbildung 26:  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im suspendiertem Material (Phytoplankton) in den Dialysebeuteln des Bioassay-Experiments an den drei Rückriffbereichen in ansteigendem Abstand zur Küstenlinie ( $n=7$ ). Die gestrichelte Linie zeigt die Ausgangswerte von dem in den Beuteln inkubierten Plankton im küstenfernen Wasser. Die Balken stellen die  $\delta^{15}\text{N}$ -TSM-Werte nach einer viertägigen Inkubationszeit dar. Der enorme Anstieg der Werte deutet darauf hin, dass das inkubierte Phytoplankton hauptsächlich Ammonium und Nitrat mit hohen  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten aufgenommen hat, wie sie typisch für Aquakulturabwässer sind (Tab. 1).

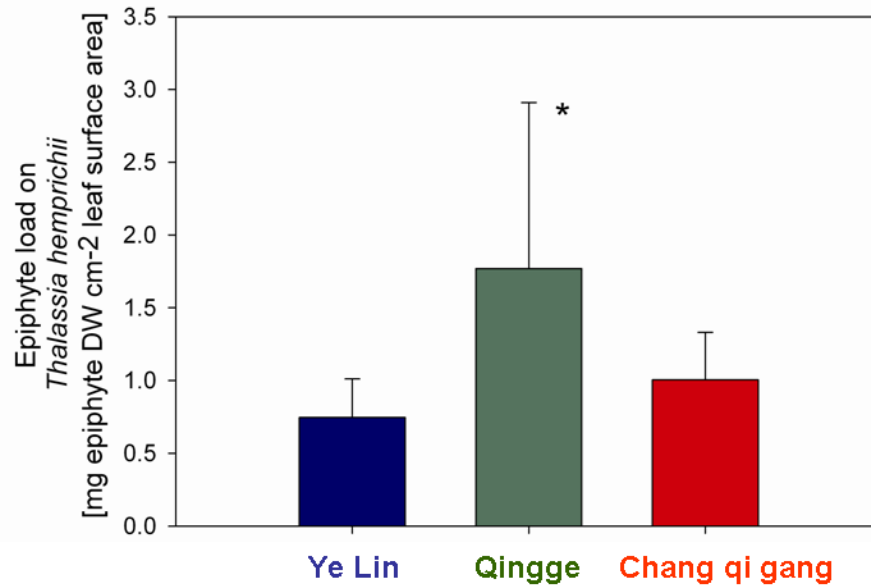


Abbildung 27: Mittlere Epiphytenfracht (mit Standardabweichung) der Seegrasart *T. hemprichii* in den drei Rückriffbereichen. \* Werte in Qingge sind signifikant höher als in Ye Lin und Chang qi gang.

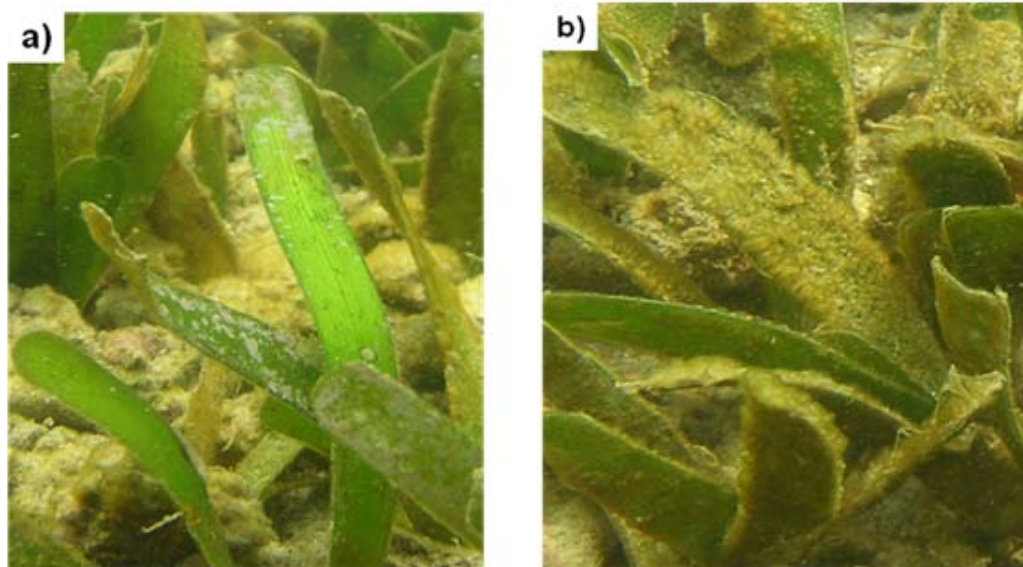


Abbildung 28: *T. hemprichii* mit a) wenig kalzifizierten Epiphyten typisch für Ye Lin und b) bedeckt von einem dicken Bewuchs filamentöser Epiphyten in Qingge and Chan qi gang.

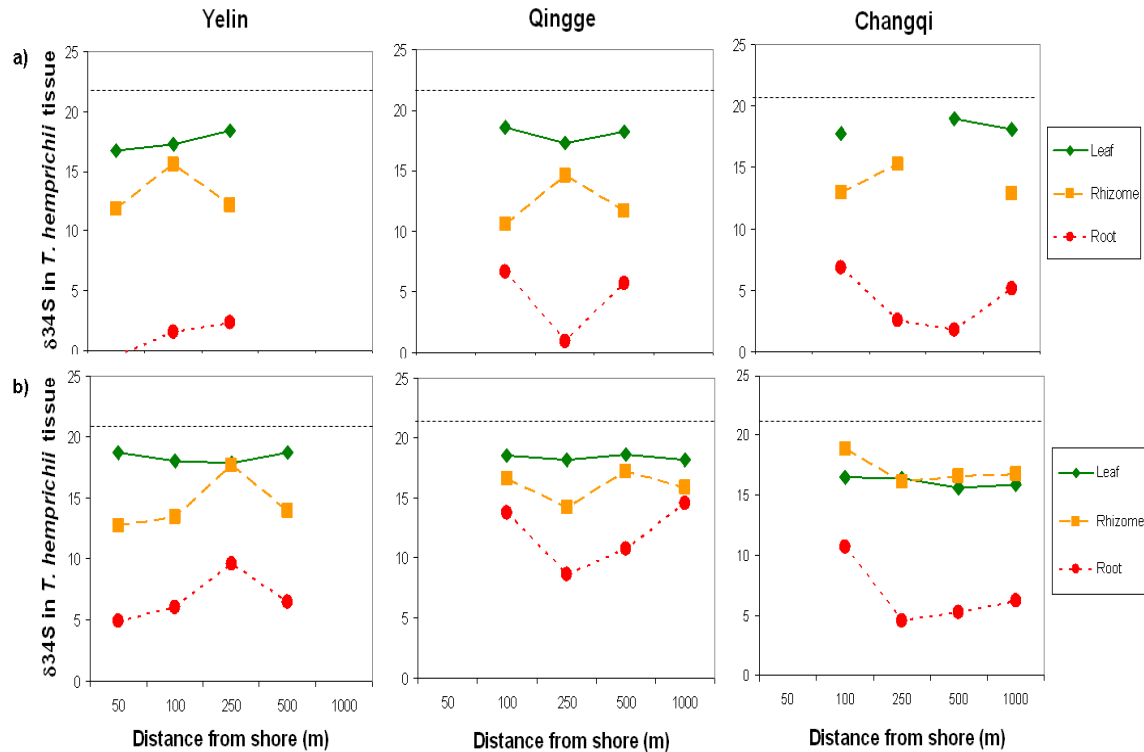


Abbildung 29: Das Verhältnis stabiler Schwefelisotope ( $\delta^{34}\text{S}$ ) in Blättern, Rhizomen und Wurzeln von *T. hemprichii* in den drei Rückriffbereichen mit ansteigendem Abstand zur Küstenlinie im Juli/August 2008 (a) und im März/April 2009 (b) (n=3). Die gestrichelte Linie gibt den  $\delta^{34}\text{S}$ -Wert von Sulfat im Meerwasser an. Da alle gemessenen Werte im Seegrass unter 21‰ liegen, muss Sulfid, welches im Normalfall einen  $\delta^{34}\text{S}$ -Wert wesentlich kleiner als 21‰ hat, aus dem Sediment in das Seegrassgewebe eingedrungen sein. Dies war besonders stark für die unterirdischen Pflanzenteile (Rhizome und Wurzel) ausgeprägt, jedoch auch für Blätter sichtbar, was auf eine starke Sulfatreduktion im Sediment sowie auf eine verminderte Oxidationskapazität durch eine verminderte Photosyntheseleistung der Seegräser schließen lässt.

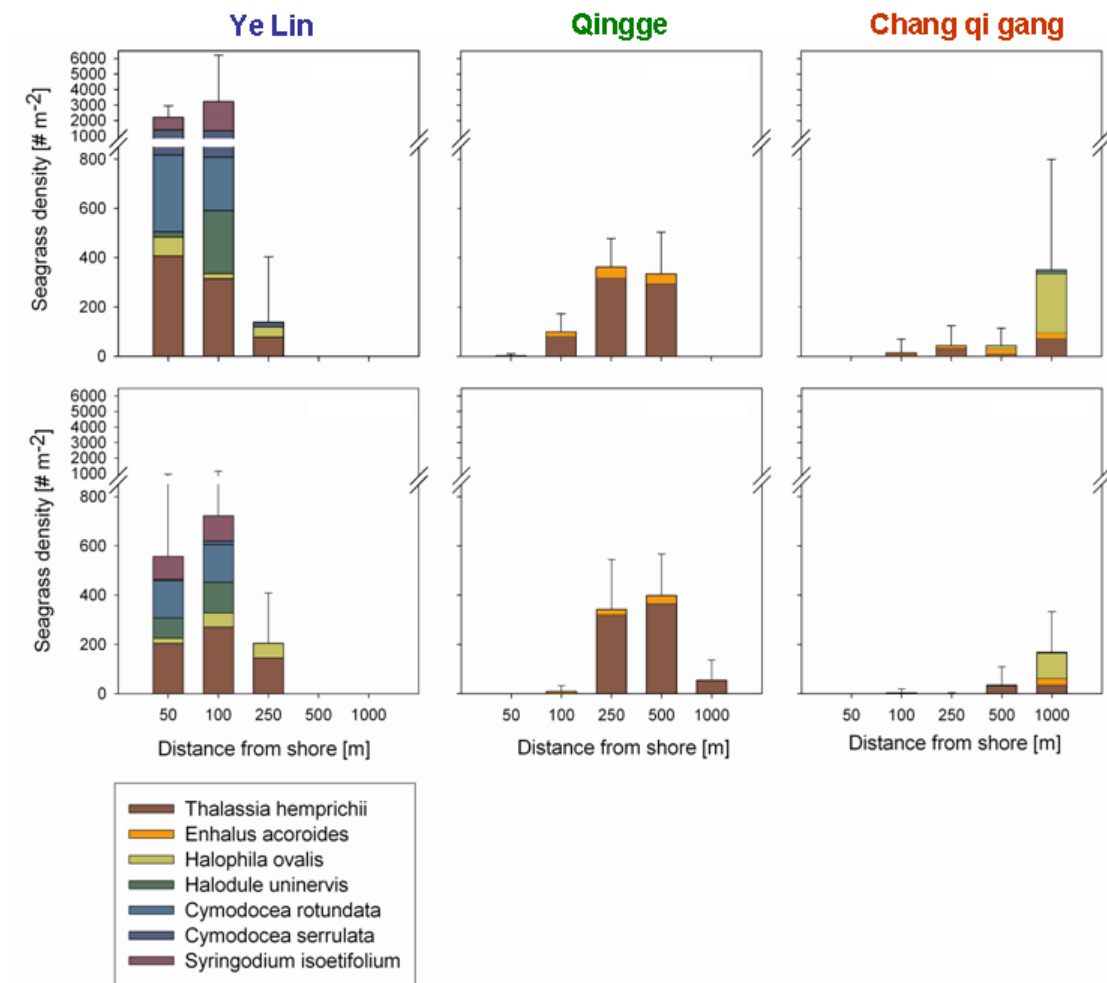
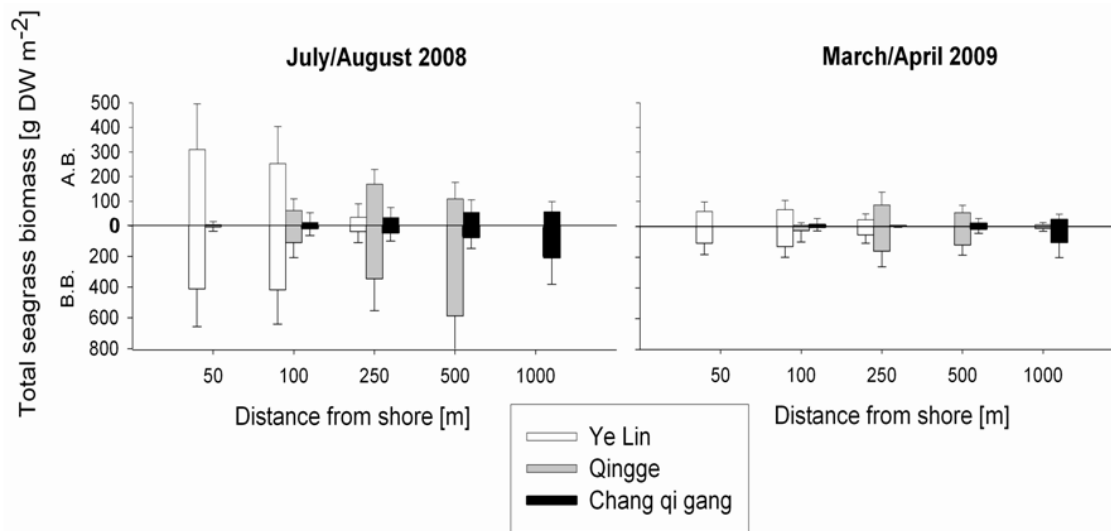


Abbildung 30: Artenvorkommen und mittlere Triebdichte (mit Standardabweichung) des Seegrases in den drei Rückriffbereichen mit ansteigendem Abstand zur Küstenlinie im Juli/August 2008 und im März/April 2009 (n=30). \*Gesamte Triebdichte ist signifikant höher (ANOVA and t-test; p<0.05). \* Werte sind signifikant höher.



**Abbildung 31: Mittelwerte und Standardabweichung der gesamten überirdischen Seegras-Biomasse (A.B.) und unterirdischen Seegras-Biomasse (B.B.) in den drei Rückriffbereichen mit ansteigendem Abstand zur Küstenlinie im Juli/August 2008 und im März/April 2009 (n=5).**

Zusammenfassend bedeutet dies, dass groß angelegte Teichaquakulturen insbesondere in unmittelbarer Nähe zu Rückriffbereichen deutliche Umweltschäden hervorrufen. In betroffenen Habitaten kann dies zu einer geringeren Resilienz gegenüber anderen Stressoren führen, wie etwa den episodisch auftretenden Taifunen. Es ist daher wahrscheinlich, dass stark von Brackwasser-Teichaquakultur geprägte Küstengebiete besonders gefährdet sind, da sie zusätzlich zu den niederschlagsbedingten Pulsen von gelösten Nährstoffen landwirtschaftlichen Ursprungs auch noch den permanenten Nährstofffrachten aus den Teichabwässern ausgesetzt sind. In globalen Abschätzungen der Nährstoffeinträge in die Küstengewässer wurden bisher nur solche Nährstoffe berücksichtigt, die über Regenwasserablauf exportiert werden. Aufgrund der in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Untersuchungen ist anzunehmen, dass in vielen (sub)tropischen Gebieten die Gefahren, die von Aquakulturen für die Küstenökosysteme ausgehen, bislang unterschätzt wurden.

### 3.5.2 Publikationen

#### Bereits erschienen:

Herbeck LS, Unger D, Krumme U, Liu SM, Jennerjahn T, 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.

Liu SM, Li RH, Zhang GL, Wang DR, Du JZ, Herbeck LS, Zhang J, Ren JL, 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.



Unger D, Herbeck LS, Li M, Bao H, Wu Y, Zhang J, Jennerjahn T, in press. 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*.

Herbeck LS, Unger D, Wu Y, Jennerjahn TC, in press. 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*.

#### Eingereichte Manuskripte:

Herbeck LS, Unger D. Dispersal and impact of aquaculture pond effluents along back-reef waters traced by nitrogen stable isotopes ( $\delta^{15}\text{N}$ ) and phytoplankton bioassays. *Marine Ecology Progress Series*.

Krumme U, Herbeck LS, Wang T. Tide- and rainfall-induced variations of physical and chemical parameters in a mangrove-depleted estuary of East Hainan (South China Sea). *Marine Environmental Research*.

Bao H, Wu J, Unger D, Herbeck LS, Du J, Sun Y, Zhang J. The impact of land-use change on the organic matter in estuarine tidal flat sediments over the last 100 years in NE Hainan Island, China. *Continental Shelf Research*.

Wu Y, Bao H, Unger D, Herbeck LS, Zhu ZY, Zhang J, Jennerjahn T. Biogeochemical behavior of organic carbon in a small tropical river/estuary, Hainan. *Continental Shelf Research*.

#### Manuskripte in Vorbereitung:

Herbeck LS, Sollich M, Scharfbillig A, Unger D, Jennerjahn TC, Wang D, Holmer M. Seagrass beds in NE Hainan, tropical China, under pressure from pond aquaculture activities.

Herbeck LS, Unger D, Andersen TJ, Krumme U, Jennerjahn T. From an estuarine system to a shrimp pond system: How pond aquaculture dominates the material fluxes in a tropical estuary in southern China: evidences from nitrogen stable isotopes ( $\delta^{15}\text{N}$ ).

#### Dissertationen:

Herbeck LS, 2012. Ecological impact of land-derived anthropogenic nutrients and organic matter on tropical estuarine and coastal systems of Hainan, China. PhD thesis, University of Bremen. <http://elib.suub.uni-bremen.de/edocs/00102501-1.pdf>

#### **4. Verwertbarkeit der Ergebnisse**

Die Korallenriffe, Mangroven und Seegrasswiesen haben durch ihre Ressourcen und ökologischen Funktionen eine besondere gesellschaftliche Bedeutung und sind die Lebensgrundlage für große Teile der lokalen Bevölkerung. Anthropogen induzierte Umweltveränderungen führten bereits zu einem Rückgang der Qualität und Quantität dieser natürlichen Ressourcen. Gleichzeitig soll Hainan als eines der wichtigsten touristischen Ziele Chinas entwickelt werden, was den Erhalt intakter Küstenökosysteme voraussetzt.

Das bilaterale Projekt LANCET beschäftigt sich mit den Problemen, die das Küsten-ökosystem im Nordosten Hainans gefährden. Die in dem Vorhaben gewonnenen Erkenntnisse entsprechen internationalen Standards und werden der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft durch Präsentation auf Fachtagungen und Publikation in Fachzeitschriften zugänglich gemacht. Sie können als wissenschaftliche Grundlage zur Entwicklung von Managementmaßnahmen für die Region benutzt werden. Basierend auf den Forschungsergebnissen wurden konkrete Empfehlungen für ein nachhaltiges Küstenzonenmanagement Hainans entwickelt. Darüber hinaus können die gewonnenen Informationen dazu beitragen, Risiken aufzuzeigen, die aus der derzeitigen wirtschaftlichen Entwicklung der Region resultieren.

Die gewonnene Expertise bei der Durchführung des LANCET-Projektes eröffnet neue Möglichkeiten für eine Gruppe von Wissenschaftlern aus Deutschland und China, ihre Erfahrungen bei der Durchführung von Küstenzonenmanagement-Projekten auch in anderen Küstenregionen Chinas einzubringen.

#### **5. Kommunikation und Veröffentlichung der Ergebnisse**

Im Berichtszeitraum fanden zwei Projektworkshops statt. Vom 6. bis 10. März 2010 fand in Haikou, Hainan, der zweite LANCET- Projektworkshop mit dem Titel "Land – Sea Interactions along Coastal Ecosystems in Tropics: Hainan, China" statt. Gastgeber waren die Kollegen vom Hainan Provincial Marine Development Plan and Design Research Institute. Teilnehmer waren sowohl am Projekt beteiligte chinesische und deutsche WissenschaftlerInnen als auch Vertreter der Hainanesischen Fischereibehörde (Hainan Department of Fisheries). Die Ergebnisse des Workshops wurden in einem Bericht zusammengefasst, der dem Zwischenbericht von 2010 beigefügt war.

Vom 27. bis zum 29. September 2011 fand in Shanghai der Abschlussworkshop des Projektes statt. Gastgeber des Workshops waren diesmal die Kollegen vom State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research der East China Normal University. Es nahmen chinesische und deutsche WissenschaftlerInnen sowie VertreterInnen der Chinese State Oceanographic Administration (SOA) und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung teil. Während der ersten beiden Tage wurden die wissenschaftlichen Ergebnisse aus dem Projekt präsentiert und abschließend diskutiert. Darüber hinaus wurden Empfehlungen ausgearbeitet, welche als Grundlage zur Entwicklung von Managementmaßnahmen für die Küstenregionen Hainans dienen können. Diese werden den zuständigen Hainanesischen Behörden zur Verfügung gestellt. Auf der Basis der erzielten Ergebnisse wurden am dritten Tag des Workshops Forschungslücken identifiziert und konkrete Ideen für die Weiterführung der Forschungskooperation diskutiert. Die Ergebnisse des Workshops wurden in einem Bericht zusammengestellt (siehe Anhang A1).

Zusammen mit den chinesischen Partnern wurden eine Reihe gemeinsamer Manuskripte vorbereitet, die im Rahmen eines Sonderbandes der Fachzeitschrift *Continental Shelf Research* erscheinen werden. Eine Liste der eingereichten Manuskripte befindet sich im Anhang A2. Zusätzlich sind im Berichtszeitraum einige Einzelpublikationen bei international rezensierten Fachzeitschriften erschienen (Kurzfassungen siehe Anhang A3). Weitere Einzelpublikationen sind in Vorbereitung oder wurden bereits eingereicht (Kurzfassungen siehe Anhang A4).

Während der ICES (International Council for the Exploration of the Sea) Jahrestagung wurden Arbeitsergebnisse aus dem Teilprojekt 3 präsentiert. Dr. Su hielt einen Vortrag mit dem Titel: „The influence of meteorological variation on the upwelling system off eastern Hainan during summer 2007–2008“ (Kurzfassung des Tagungsbeitrags siehe Anhang A5). Die ICES-Tagung fand vom 19. bis zum 23. September in Danzig, Polen, statt.

## **6. Ergebnisse Dritter mit Relevanz für das Vorhaben**

In der Einführung zur Special Section im *Journal of Oceanography* haben Hu et al. (2011) die aktuellen Hotspots der Forschung im nördlichen Südchinesischen Meer zusammengetragen, wobei u.a. auch das Thema Auftrieb dazu gehört. Die neuen Ergebnisse beruhen auf mehreren aktuellen Forschungsprojekten, die in den letzten Jahren von chinesischer Seite finanziert wurden. Diese Projekte kommen aus verschiedenen Bereichen der Ozeanographie und behandeln in-situ Messungen, Satelliten-Fernerkundung und numerische Modellierung. Die in Li et al. (2011) vorgestellten Daten stammen aus dem Bereich der LANCET Forschungsregion. Hier wird die Beziehung zwischen der Monsun-Dynamik und der Zooplankton-Verteilung dargestellt. Unter Hinzunahme dieser Daten können einige der Datenlücken aus LANCET teilweise geschlossen werden. Außerdem kann auf diese Weise die Interpretation der biologischen Verteilung verbessert werden.

## **7. Akademischer Austausch**

Zusätzlich zur Teilnahme deutscher LANCET-Wissenschaftler an den Workshops in Haikou und Shanghai gab es im Berichtszeitraum weitere Besuche deutscher Wissenschaftler an den chinesischen Partnerinstituten sowie Besuche chinesischer Wissenschaftler in Deutschland.

Vom 18. bis 26. Februar 2010 fanden am ZMT die ersten Gespräche mit Prof. Aimin Wang (Ocean College, Hainan University) zu möglichen Forschungskooperationen auf Hainan statt. Am 8. März 2010 wurden diese Gespräche in Haikou fortgesetzt. Prof. Wang ist Molekularbiologe und beschäftigt sich mit genetischen Untersuchungen von wirtschaftlich wichtigen marinen Organismenarten aus Korallenriffen.

Vom 13. bis 25. März 2010 besuchte Frau Cornelia Roder die Arbeitsgruppe von Prof. Jing Zhang am ECNU in Shanghai, um gemeinsam mit den Kollegen stabile Stickstoff- und Kohlenstoffisotopenverhältnisse an Korallengewebeproben aus Hainan zu bestimmen. Die Proben waren während der zweiten und dritten Expedition genommen und in Haikou im Partnerinstitut zwischengelagert worden.

Prof. Wu Ying besuchte vom 1. bis 30. Mai 2010 das ZMT, um mit der Arbeitsgruppe des Teilprojektes 5 gemeinsam die Daten aus den vier Feldarbeitsphasen in Hainan zu

diskutieren und an Manuskripten zu arbeiten. Zusätzlich bearbeitete sie im Labor einen Sedimentkern aus einem Mangrovegebiet in Hainan.

Mit Prof. Qi Shihua und Prof. Wang Hongmei von der School of Environmental Studies der China University of Geosciences in Wuhan fanden am ZMT zwischen dem 20. und 28. Juni 2010 Gespräche über mögliche zukünftige Forschungs Kooperationen statt. Prof. Qi hat Messungen zur Erfassung der organischen Schadstoffbelastung von Wasser und Sedimenten aus Flüssen und Küstengebieten Hainans durchgeführt und seine Daten im Rahmen eines Vortrages präsentiert.

Prof. Zhang Jing besuchte das ZMT zwischen dem 7. und 19. August sowie am 25. und 27. Oktober 2010. Es fanden Gespräche zur Abstimmung zukünftiger Projektaktivitäten sowie zur Planung gemeinsamer Veröffentlichungen statt.

Zur Arbeit an einer gemeinsamen Publikation sowie zur Vorbereitung weiterer Veröffentlichungen besuchte Herr Wang Jun, Second Institute of Oceanography, Hangzhou, vom 13. Juli bis 25. August 2010 die Arbeitsgruppe von PD Dr. Pohlmann an der Universität Hamburg.

Vom 20. bis 24. Oktober 2010 besuchte Frau Dr. Daniela Unger die Arbeitsgruppe von Prof. Zhang Jing an der ECNU in Shanghai. Ziel des Besuches war die Arbeit an einem gemeinsamen Manuskript mit Prof. Wu Ying und Frau Bao Hongyang, welches im geplanten Sonderband veröffentlicht werden soll.

Im März 2011 reisten Dr. Daniela Unger und Dr. Uwe Krumme nach China, um die chinesischen LANCET-Projektleiter Dr. Wang Daoru und Prof. Zhang Jing zu treffen. Es wurden Ideen für zukünftige Forschungsaktivitäten diskutiert. Vom 1. bis 5. März 2011 fanden Gespräche mit Prof. Jing Zhang an der ECNU in Shanghai statt. Während dieser Zeit wurde auch intensiv an gemeinsamen Publikationen gearbeitet und LANCET-Daten diskutiert. Zusätzlich konnte mit Dr. Lijun He, einem Genetiker der ECNU, über die Möglichkeit einer zukünftigen Kooperation gesprochen werden. Vom 5. bis 6. März wurden die Gespräche mit Dr. Wang Daoru am Hainan Provincial Marine Development Plan and Design Resesearch Institute in Haikou fortgesetzt, dabei wurden auch mögliche neue Arbeitsgebiete besucht.

Frau Bao Hongyan, ECNU, war vom 6. bis zum 13. November 2011 Gast am ZMT. Ziel des Besuches war die Arbeit an Manuskripten, welche gemeinsam mit den Kollegen des Teilprojekt 5 erstellt wurden und im geplanten Sonderband erscheinen werden.

## **8. Capacity Building**

Frau Cornelia Roder hat im April 2010 ihre Doktorarbeit zum Thema „Coral Acclimatization to Disturbance“ abgeschlossen. Feldarbeiten zur Erhebung von Daten für ihre Dissertation hatten im Rahmen der ersten Förderphase von LANCET im Teilprojekt 1 „Korallenriffe in Hainan, China: Status, funktionelle Gruppen und Metabolismus“ stattgefunden.

Frau Laura Lehnhoff wird ihre Diplomarbeit im Teilprojekt 1 im Juli 2012 an der Universität Bremen abschliessen. Die Arbeit beruht auf der Analyse eines von den chinesischen Partnern zur Verfügung gestellten Korallen-Bohrkerns und trägt den Titel „Reconstruction of climate and environmental conditions as indicated by variations of skeletal parameters of a Porites lutea coral from east Hainan, South China Sea“.

Im Teilprojekt 2 wurden drei Diplomarbeiten im Fachbereich 2, Biologie/Chemie der Universität Bremen abgeschlossen. Herr Tianci Wang hat im November 2009 seine

Diplomarbeit mit dem Titel „Zeitliche und räumliche Dynamik der Fischgemeinschaft in der Wenchang-Bucht (Ost-Hainan, Südchinesisches Meer)“ abgegeben. Frau Angela Scharfbillig beendete ihre Diplomarbeit mit dem Titel „Ökologie der Rückriffzone der Südchinesischen Insel Hainan“ kurz darauf im Dezember 2009. Frau Dominique Maier reichte ihre Diplomarbeit zum Thema „Variabilität des Phytoplanktons im tidenbeeinflussten Wenchang-Ästuar, Ost-Hainan, Südchinesisches Meer“ im November 2010 ein. Zusätzlich wurden im Teilprojekt 2 zwei Bachelorarbeiten abgeschlossen: Laura Verbeek vollendete im Juli 2009 ihre Bachelorarbeit mit dem Titel „Typhoon-induced changes in the nekton community in the Coconut Bay, Wenchang estuary, Hainan“. Julian Rau schloss im Juli 2010 seine Bachelorarbeit mit dem Thema „Analyse der Fischgemeinschaft im Wenchang-Ästuar, Ost-Hainan (Südchinesisches Meer)“ ab.

Die Diplomarbeit von Frau Anja Schneehorst im Teilprojekt 3 wurde zum Ende August 2011 an der Universität Hamburg abgeschlossen. Der Titel ihrer Arbeit lautete: „Charakterisierung von Upwelling-Gebieten: Anwendung der Burger-Zahl als Charakterisierungskriterium“.

Im Teilprojekt 4 erstellte 2011 Xiangjuan Yin eine Bachelorarbeit zum Thema „Festphasen-Speziation von Spurenelementen in Sedimenten und Schwebstoffen Ost-Hainans“. Die in Teilprojekt 4 von Jun Fu bearbeitete Doktorarbeit zum Thema „Untersuchungen zur Speziation von verschmutzungsrelevanten Spurenmetallen in tropischen Ästuar- und Küstensystem (Südchina, Nord-Ost-Brasilien)“ wird voraussichtlich im Sommer 2012 fertiggestellt.

Im Teilprojekt 5 vollendete Min Li im Oktober 2009 ihre Diplomarbeit mit dem Titel Menge und Zusammensetzung partikulärer Aminosäuren und Aminosucker in den Flüssen Wenchang und Wenjiao und ihrem Ästuar, Hainan, China. Frau Lucia Herbeck hat im Dezember 2011 ihre Doktorarbeit zum Thema “Ecological impact of land-derived anthropogenic nutrients and organic matter on tropical estuarine and coastal systems of Hainan, China” eingereicht und im Februar 2012 verteidigt. Feldarbeiten und Datenanalyse zu ihrer Dissertation haben im Rahmen beider Förderphasen von LANCET im Teilprojekt 5 stattgefunden.

Die Zusammenfassungen der im Berichtszeitraum fertig gestellten Abschlussarbeiten sind im Anhang A6 beigefügt.

## 9. Literatur

Bakun, A., Field, D.B., Redondo-Rodriguez, A., Weeks, S.J., 2010. Greenhouse gas, upwelling-favorable winds, and the future of coastal ocean upwelling ecosystems. *Global Change Biology* 16 (4), 1213-1228.

Banzon, V., Reynolds, R.W., Smith, T., Liu, C., 2010. Extended Reconstruction Sea Surface Temperature (ERSST.v3b).  
<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/sst/ersstv3.php#reference>.

Blaber SJM 1997. Fish and fisheries in tropical estuaries. Fish & Fisheries Series 22, Chapman & Hall.

Chakraborty, S., Ramesh, R., 1993. Monsoon-induced sea surface temperature changes recorded in Indian corals. *Terra Nova* 5 (6), 545-551.

Cinner JE, Daw T, McClanahan TR 2009. Socioeconomic Factors that Affect Artisanal Fishers' Readiness to Exit a Declining Fishery. *Conservation Biology* 23(1):124–130.

De Villiers, S., 1999. Seawater strontium and Sr/Ca variability in the Atlantic and Pacific oceans. *Earth and Planetary Science Letters* 171 (4), 623-634.

DWD, 2010. GPCP Monitoring Product (Version 1 and 2): Monthly precipitation (monitoring) product (1.0° gridcells). [ftp://ftp.ncep.noaa.gov/pub/data/gpcp/html/monitoring\\_download.htm](ftp://ftp.ncep.noaa.gov/pub/data/gpcp/html/monitoring_download.htm).

Felis, T., Patzold, J., Loya, Y., 2003. Mean oxygen-isotope signatures in *Porites* spp. Corals: inter-colony variability and correction for extension-rate effects. *Coral Reefs* 22, 328 - 336.

Gangjian Wei, Min Sun, Xianhua Lia, Baofu Nie, 2000. Mg/Ca, Sr/Ca and U/Ca ratios of a *porites* coral from Sanya Bay, Hainan Island, South China Sea and their relationships to sea surface temperature. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 162 (1 - 2), 59 - 74.

Grottoli, A.G., Eakin, C.M., 2007. A review of modern coral [ $\delta^{18}\text{O}$ ] and [ $\Delta^{14}\text{C}$ ] proxy records. *Earth-Science Reviews* 81 (1-2), 67-91.

Hu, J., Pan, J., Guo, X., and Zheng, Q., 2011. Introduction to the special section on regional environmental oceanography in the South China Sea and its adjacent areas (REO-SCS). *Journal of Oceanography*, 67(4), 359-363.

Jones, P., Salmon, M., 2010. Data available from CRU: Temperature.  
Levitus, S., Antonov, J.I., Boyer, T.P., Stephens, C., 2000. Warming of the World Ocean. *Science* 287 (5461), 2225-2229.

Lee SY 2000. Carbon dynamics of Deep Bay, eastern Pearl River estuary, China. II: Trophic relationship based on carbon- and nitrogen-stable isotopes. *Marine Ecology Progress Series* 205:1-10.

Li, K., Yin, J., Huang, L., Zhang J., Lian S., and Liu, C, 2011. Distribution and abundance of thaliaceans in the north west continental shelf of South China Sea, with response to environmental factors driven by monsoon. *Continental Shelf Research*, 31(9), 979-989.

Li, R., Liu, S.M., Zhang, G., Ren, J., Zhang, J. 2012. Biogeochemistry of nutrients in an estuary affected by human activities: The Wanquan River estuary, eastern Hainan Island, China. *Continental Shelf Research*.

Lough, J.M., Barnes, D.J., 2000. Environmental controls on growth of the massive coral *Porites*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 245 (2), 225-243.

Lugendo BR, Nagelkerken I, Van der Velde G, Mgaya YD 2006. The importance of mangroves, mud and sand flats, and seagrass beds as feeding areas for juvenile fishes

in Chwaka Bay, Zanzibar: gut content and stable isotope analyses. *Journal of Fish Biology* 69:1639–1661.

Pauly D 1995. Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries. *Trends in Ecology and Evolution* 10(10):430.

Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, Froese R, Torres Jr F 1998. Fishing down marine food webs. *Nature* 279:860-863.

Pelejero, C., Calvo, E., McCulloch, M.T., Marshall, J.F., Gagan, M.K., Lough, J.M., Opdyke, B.N., 2005. Preindustrial to modern interdecadal variability in coral reef pH. *Science* 309, 2204 - 2207.

Pfeiffer, M., Timm, O., Dullo, W.-C., Garbe-Schönberg, D., 2006. A paired coral Sr/Ca and d18O record from the Chagos Archipelago: Late twentieth century warming affects rainfall variability in the tropical Indian Ocean. *Geology* 34 (12), 1069-1072.

Reynolds, B., Rayner, N.A., Smith, T.M., Stokes, D.C., Wang, W., 2002. An improved insitu and satellite SST analysis for climate. *Journal of Climate* 15, 1609 - 1625.

Rixen, T., Jiménez, C., Cortés, J., 2012. Impact of upwelling events on the sea water carbonate chemistry and dissolved oxygen concentration in the Gulf of Papagayo (Culebra Bay), Costa Rica: Implications for coral reefs. *Revista de Biología Tropical - International Journal of Tropical Biology and Conservation* 60 (Suppl. 2), 187 - 195.

Rixen, T., Ramachandran, P., Lehnhoff, L., Dasbach, D., Gaye, B., Urban, B., Ramachandran, R., Ittekkot, V., 2011. Impact of monsoon-driven surface ocean processes on a coral off Port Blair on the Andaman Islands and their link to North Atlantic climate variations. *Global and Planetary Change* 75 (1-2), 1-13.

Roder, C., 2010. Coral acclimatization to disturbances, University of Bremen, Bremen.  
Schmidt, G.M., 2010. Corals and Waves: Calcification and bioerosion on Large Amplitude Internal Wave (LAIW) affected coral reefs, University of Bremen, Bremen.

Scoffin, T.P., Tudhope, A.W., Brown, B.E., Chansang, H., Cheeney, R.F., 1992. Patterns and possible environmental controls of skeletogenesis of *Porites lutea*, South Thailand. *Coral Reefs* 11 (1), 1-11.

Shen, C.-C., Liu, K.-K., Lee, M.-Y., Lee, T., Wang, C.-H., Lee, H.-J., 2005. A novel method for tracing coastal water masses using Sr/Ca ratios and salinity in Nanwan Bay, southern Taiwan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 65 (1-2), 135-142.

Su, J., Xu, M., Pohlmann, T., Xu, D., Wang, D., 2012. A western boundary upwelling system response to recent climate variation (1960-2006). *Continental Shelf Research* (0).

Suess, E., 1955. Radiocarbon concentration in modern wood. *Science* 122, 41.

Sun, D., Su, R., McConnaughey, T.A., Bloemendal, J., 2008. Variability of skeletal growth and  $[\delta^{13}C]$  in massive corals from the South China Sea: Effects of photosynthesis, respiration and human activities. *Chemical Geology* 255 (3-4), 414-425.

Swart, P.K., Greer, L., Rosenheim, B.E., Moses, C.S., Waite, A.J., Winter, A., Dodge, R.E., Helmle, K., 2010. The  $^{13}\text{C}$  Suess effect in scleractinian corals mirror changes in the anthropogenic  $\text{CO}_2$  inventory of the surface oceans. *Geophysical Research Letters* 37 (5), L05604.

Thimdee W, Deein G, Nakayama N, Suzuki Y, Matsunaga K. 2008.  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  indicators of fish and shrimp community diet and trophic structure in a mangrove ecosystem in Thailand. *Wetlands Ecology and Management* 16:463–470.

Thimdee W, Deein G, Sangrungruang C, Matsunaga K. 2000. Analysis of primary food sources and trophic relationships of aquatic animals in a mangrove-fringed estuary, KhungKrabaen Bay (Thailand) using dual stable isotope techniques. *Wetlands Ecology and Management* 12:135–144.

Tudhope, A.W., Lea, D.W., Shimmield, G.B., Chilcott, C.P., Head, S., 1996. Monsoon Climate and Arabian Sea Coastal Upwelling Recorded in Massive Corals from Southern Oman. *Palaios* 11, 347-361.

Worm B, Hilborn R, Baum JK, et al. 2009. Rebuilding global fisheries. *Science* 325:578-584.

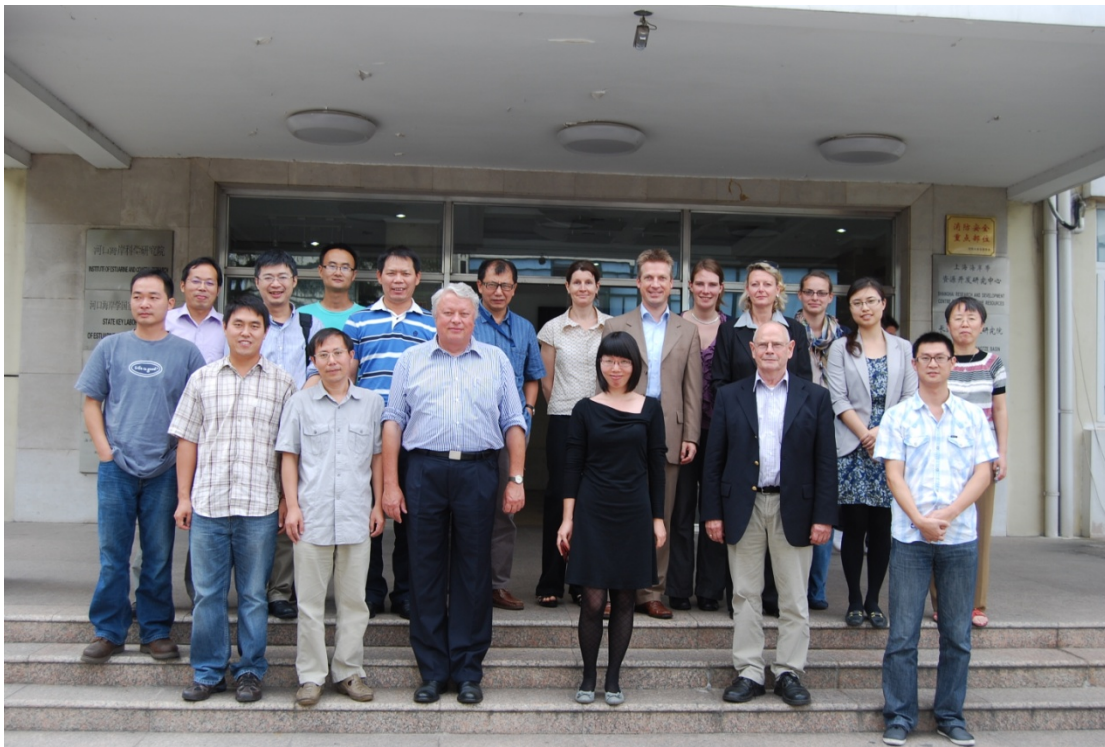
Zinke, J., Dullo, W.C., Heiss, G.A., Eisenhauer, A., 2004. ENSO and Indian Ocean subtropical dipole variability is recorded in a coral record off southwest Madagascar for the period 1659 to 1995. *Earth and Planetary Science Letters* 228 (1-2), 177-194.



**Anhang**

**A1 Workshopbericht**

**Proceedings of the workshop  
“Land Sea Interactions along Hainan Coastal Marine Systems-3”**



Participants of the third LANCET workshop

photo: Y. Zhou

**Shanghai, China  
September 27-30, 2011**

## 1. Workshop schedule

(20 minutes of presentation, 20 minutes for discussion)

### Tuesday 27 September 2011 Plenary Sessions

<b>09:00-10:00</b>	<b>Opening Ceremony</b>
09:00-09:10	Welcoming Speech and Opening
09:10-09:30	Remarks of the officials from the SOA and the BMBF
09:30-09:50	Overview of the Chinese-German collaboration project Larissa Dsikowitzky, Dao Ru Wang and Jing Zhang
09:50-10:00	Major aspects of the workshop and expected outcomes Tim Jennerjahn and Jing Zhang
<i>10:00-10:20</i>	<i>Coffee and tea break</i>
<b>10:20-12:20</b>	<b>Scientific Program: Part I Marine Chemistry/Biogeochemistry</b> <b>Chair: Prof. Wolfgang Balzer</b>
10:20-11:00	Summary of observations of nutrients, trace elements and gases in Eastern part of Hainan Su Mei Liu
11:00-11:40	Seagrass beds in NE Hainan under pressure from pond aquaculture activities Lucia Herbeck
11:40-12:20	Applications of Radionuclides as Tracers to Investigate Marine Environmental Processes in Eastern Coastal regions of Hainan, China Jin Zhou Du
<i>12:20 -14:00</i>	<i>Lunch</i>
<b>14:00-15:20</b>	<b>Scientific Program: Part I Marine Chemistry/Biogeochemistry</b> <b>(Cont.)</b> <b>Chair: Prof. Su Mei Liu</b>
14:00-14:40	Trace Elements in Estuarine Matrices of East-Hainan Wolfgang Balzer
14:40-15:20	Functioning of the Wenchang/Wenjiao Estuary from a biogeochemical perspective Tim Jennerjahn
<i>15:20-15:50</i>	<i>Coffee and tea break</i>
<b>15:50-17:10</b>	<b>Scientific Program: Part II Ecology and Food-webs</b> <b>Chair: Dr. Dao Ru Wang</b>
15:50-16:30	Population structure and demographic history of several marine species along the coastlines of Hainan Island and mainland China Li Jun He
16:30-17:10	Habitat linkages: Nekton status and connectivity between coral reefs, mangroves and seagrass beds Angela Scharfbillig
<i>19:00</i>	<i>Dinner at the Guest House</i>

**Wednesday 28 September 2011 Plenary Sessions**

- 09:00 – 10:20**      **Scientific Program: Part III Physical Oceanography**  
**Chair: PD Dr. Thomas Pohlmann**
- 09:00-09:40      Upwelling dynamics and how it links to ecosystem off Eastern Hainan  
 Su Jian
- 09:40-10:20      The observation of the upwelling in the Eastern Hainan Island in September of 2009  
 Dong Feng Xu
- 10:20-10:50      *Coffee and tea break*
- 10:50-12:10**      **Scientific Program: Part III Physical Oceanography (Cont.)**  
**Chair: Dr. Dong Feng Xu**
- 10:50-11:30      Health and protection of coral reefs from the east coast off Hainan – An overview  
 Dao Ru Wang
- 11:30-12:10      How a western boundary upwelling system responds to climate variation?  
 Thomas Pohlmann
- 12:10-14:00      *Lunch*
- 14:00-15:20**      **Discussion: What can LANCET contribute to Hainan in terms of a sustainable use of its marine ecosystems?**  
**Chair: Dr. Dao Ru Wang**
1. What are the sources and impacts of pollutants on the coastal ecosystems off East Hainan in comparison to other world regions?
  2. 'Lessons learned' and methodology to reduce the input of land-derived pollutants into the coastal environment?
  3. Suggestions to the government of Hainan regarding restoration and sustainable management of coastal ecosystems based on the results of LANCET.
- 15:20-15:50      *Coffee and tea break*
- 15:50-17:50**      **Discussion: What can LANCET contribute to Hainan in terms of a sustainable use of its marine ecosystems? (Cont.)**  
**Chair: Dr. Dao Ru Wang**
- 19:00              *Joint dinner downtown*

**Thursday 29 September 2011 Working group sessions**

- 09:00-10:30      Short presentations on "Visions for the future"
- 10:30- 11:30      Group discussions
- 11:30- 12:00      Plenary discussion of group results
- 12:00-12:20      Comments from the officials of the SOA and the BMBF  
 Closing remarks from Larissa Dsikowitzky, Jing Zhang, Dao Ru Wang and Tim Jennerjahn
- 12:20 -14:00      *Lunch*

**Friday 30 September 2011**

One day tour of Shanghai

## 2. Abstracts

### Summary of observations of nutrients, trace elements and gases in Eastern part of Hainan

Su Mei Liu<sup>2</sup>, Gui Ling Zhang<sup>1</sup>, Jing Ling Ren<sup>1</sup>, Rui Huan Li<sup>1</sup>, Yan Wei Li<sup>1</sup>, Jing Zhang<sup>2</sup>, Dao Ru Wang<sup>3</sup>

1. Key Laboratory of Marine Chemistry Theory and Technology Ministry of Education, College of Chemistry and Chemical Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China

2. State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China

3. Hainan Provincial Marine Development Plan and Design Research Institute, 15 Longkun Bei Road, Haikou 570203, China

Four cruises were carried out along coastal ecosystems of Eastern Hainan (such as rivers, estuaries, lagoons and near-shore waters) to understand the level, distribution and seasonal variations of biogenic elements, in order to examine biogeochemical processes that influence these elements composition.

#### *Dissolved nutrients*

Nutrient levels in the tropical Wenchang/Wenjiao rivers show wide range of seasonal variations. DIN concentrations in these two rivers are generally at the levels between the average global conditions to polluted waters except that Wenjiao river one cruise in 2008 are at clean waters levels. Ammonium contribution to DIN concentration is relatively up to 37-44% in the August 2007 cruise related to the the application of inorganic N fertilizer and wastewater discharge. DIP concentrations in the rivers are at the levels between pristine level and clean waters level compared to the global river data. So DIN/DIP ratios show wide range of variation(60-413). DON was the major part of TDN in winter and summer, DIP was the main part of TDP in spring. DON accounted for 23% of TDN in the Wenchang river and 55% in the Wenjiao river. Dissolved silicate levels in Wenchang and Wenjiao rivers are lower than average levels of tropical rivers, it's lower than the level of Wanquan river.

Wenchang/Wenjiao river estuaries significantly affected by tidal action and had obvious seasonal variation. Nitrate behaved conservatively subjected to a simple estuarine dilution in the winter 2006; underwent regeneration in the spring 2009; has denitrification in both summer 2007 and 2008. This indicated that dissolved inorganic and organic nitrogen regenerated from degradation of organic matter and denitrification processes existed in the estuary in the summer. Phosphorus behaved desorption/adsorption from suspended particles along the salinity or degradation of organic matter in the estuary. Dissolved silicate behaved conservatively in the winter 2006 and spring 2009.

DIN concentrations in the Wanquan river were higher than tropical river that were not polluted in the world, such as Amion and Zaire rivers, but lower than temperate rivers which significantly affected by human activities, such as Changjiang, Huanghe and Pearl rivers. DIP concentration in the river is at the levels between pristine level and clean waters level compared to the global river data. Dissolved silicate level in the Wanquan river is not only higher than average global conditions, but also at higher to general levels in tropical systems.  $\text{NO}_3\text{-N/DIN}$  is the main part of DIN. Nitrate and dissolved silicate had a negative correlation with salinity in the estuary, indicating largely subjecting to a simple estuarine dilution, while nitrite and ammonium were non-conservative; phosphate undergo desorption/adsorption from onto suspended particles along the

salinity gradient and/or degradation of organic matter in the estuary and has regeneration in 2007 when salinity below 2.5. In addition, phosphorus maybe the potential limit element for phytoplankton growth with high N/P concentration ratio (averagely, more than 61).

Nutrient concentrations in surface waters of the Xiaohai and Laoyehai lagoon were determined during surveys in both August 2008 and April 2009. The results showed that: the overall salinity of the Xiaohai lagoon is low, and summer higher than spring. The concentrations of nutrients were higher in summer than spring except nitrate. DON accounted for 79% and 36% of TDN in summer and winter, respectively; DOP concentrations represented ~49% of TDP in summer and 47% in spring, but the concentrations of DOP increased by 2.3 fold in summer 2008 than in spring 2009. Nutrient ratios showed obvious seasonal variation, indicating that limiting nutrients were nitrogen in summer and phosphorus might be the potential limiting element for phytoplankton growth in spring.

The salinity in the inner bay of Laoyehai lagoon is lower than the mouth of the lagoon, and the average salinity was higher than that that in Xiaohai lagoon. Nutrient concentrations showed an obvious tidal effect with low values in the mouth of the lagoon.

Nutrient levels are low in eastern coastal of Hainan. Shallow coastal waters were significantly affected by terrestrial input, but deep water was not obvious. Nutrient concentrations increased from surface to bottom waters. Phosphorus was the limiting element for phytoplankton growth. Nutrients in the northern South China Sea(SCS) showed a significant oligotrophy is characteristic in upper waters. Nutrient concentrations increased with depth and show obvious stratification bottom. The limiting nutrient for phytoplankton growth was phosphotus . Nutrient budgets demonstrate that in Wenchang/Wenjiao estuary, riverine is a major source of  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{DSi}$ ,  $\text{DON}$ ,  $\text{DOP}$ , while groundwater discharge is the major source of  $\text{NO}_3\text{-N}$ , and the estuary is a sink of  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{DOP}$ , source of  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{DSi}$  and  $\text{DIP}$ . Wanquan estuary behaves as a sink of  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{DIP}$ ,  $\text{DSi}$  and  $\text{DOP}$ , source of  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$  and  $\text{DON}$ . Xiaohai lagoon is a sink of all nutrients except for  $\text{DON}$ . Laiyehao lagoon behaves as a sink of  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{DIP}$  and  $\text{DOP}$ , source of  $\text{DSi}$  and  $\text{DON}$ . Wanquan river estuary transports more nutrients to coastal waters than Wenchang/Wenjiao estuary, Xiaohai lagoon and Laoyehai lagoon.

#### *Dissolved and particulate phosphorus and silicon*

Phosphorus and silicon are the necessary nutrients for phytoplankton growth, their distribution and concentrations have impact on primary productivity, phytoplankton composition and biomass. Estuaries are transition zones between rivers and oceans. Studies on phosphorus and silicon cycles in coastal seas have become an important component of mass transport. Five cruises were carried out along coastal ecosystems of Eastern Hainan (such as rivers, estuaries, lagoons and near-shore waters) to understand the levels, distribution and seasonal variations of nutrients, in order to examine biogeochemical processes that influence nutrients variations. Some major conclusions are drawn as follows.

Concentrations of various forms of phosphorus and silicon in the Wenchang/Wenjiao rivers were quite different, showed wide range of seasonal variations.  $\text{PIP}$ ,  $\text{POP}$ ,  $\text{BSi}$  and  $\text{LSi}$  concentrations in the estuaries ranged from  $0.01 \sim 2.06 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $0.03 \sim 2.52 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $0.08 \sim 38.6 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  and  $0.24 \sim 324 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , with similar levels in winter and summer, and both were higher than in spring. Variations of particulate phosphorus with salinity

were complicated in low salinity waters in winter and summer, which was affected by the surrounding mangrove ecosystems and aquaculture activities. The concentration of SPM was 0.75 ~ 19.7mg/L, BSi/POC ratio was at a low level in the world, which was 0.05. Particulate phosphorus accounted for 63% of total phosphorus in water during winter and summer, which was a major component of total phosphorus; dissolved phosphorus was a major component of total phosphorus in spring. Dissolved silicate was the major component of total silicon in winter, spring and summer. Various forms of phosphorus and silicon significantly correlated with the SPM, influenced by terrestrial input. Runoff was increased during the typhoon, the content of suspended particles increased 3 times, particulate phosphorus and silicon concentrations in water increased significantly. Observations at Gaolongwan indicated that phosphorus and silicon concentrations were less than that in the Wenchang/Wenjiao estuaries and the concentrations were affected by tide.

In the Wanquanhe estuary, the concentrations of PIP, POP, BSi and LSi were  $0.06\sim 1.74\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $0.06\sim 1.83\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $0.31\sim 20.6\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $3.30\sim 645\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , respectively, with the highest values in spring, and the concentrations of particulate phosphorus and LSi were higher in summer than in winter, which was different from BSi. Compared with other areas in the world, the concentration of LSi was in a higher level, but PIP, POP and BSi were in a lower level. Dissolved phosphorus and silicate were the major components of total phosphorus and silicon, representing 61% and 68% respectively. In addition, all particulate phosphorus and silica were well correlated with suspended particulate matter (SPM), which suggested that the content of particulate phosphorus and silica in the Wanquanhe River estuary were affected by the fluvial input. BSi and POP were related with Chla, indicating that the distribution of POP and BSi were influenced by several reasons such as the biomass of phytoplankton.

Investigations were carried out in Xiaohai and Laoyehai lagoons in spring and summer. In the Xiaohai lagoon, salinity was low. Concentrations of various forms of phosphorus and silicon in summer were higher than those in spring except for BSi. In spring and summer, the particulate phosphorus represented ca. 70% of total phosphorus, which was a major component of total phosphorus. Dissolved silicate was the major part of total silicon in summer, dissolved and particulate silicon contents were comparable in spring.

Laoyehai lagoon is an enclosed water body with a narrow mouth connected to the South China Sea, and no river input. Affected by aquaculture activities, the concentrations of various forms of phosphorus and silicon were higher. There is no linear relationship between P or Si and salinity, showing a non-conservative changes, dissolved and particulate phosphorus represented 50% of total phosphorus respectively, dissolved phosphorus and silicon were the main component of total P and total Si in summer, and the particulate silicon is the main component of total silicon in spring.

Various forms of phosphorus and silicon, and SPM in eastern coastal shallow waters of Hainan were higher than those in deep waters influenced by terrestrial input. The horizontal distribution of particulate phosphorus and silicon showed the decreasing trend oceanwards, consistent with the horizontal distribution of SPM. Dissolved phosphorus and silicon were the main component of total phosphorus and silicon in the coastal water.

Nutrient budgets were constructed and demonstrated that the Wenchang/Wenjiao estuaries and Xiaohai lagoon were the sink of PIP, POP, BSi and LSi in spring. In summer, Xiaohai were the source of POP, and the sink of PIP and particulate silica, the Wenchang/Wenjiao estuaries were the sink of PIP, the source of POP and particulate silicon, meanwhile the Wanquanhe estuary and Laoyehai lagoon were the source of

both particulate phosphorus and silicon in both spring and summer, in which the Wanquanhe transport plays a more important role on the coastal ecosystem.

#### *Dissolved trace elements*

Distributions of dissolved aluminum (Al) and arsenic (As) in the major rivers and coastal area of East Hainan Island were investigated several times during December 2006, August 2007 and July and August 2008. The average concentrations of dissolved Al in the Wanquan and Wenchang rivers and their estuaries were  $160.0 \pm 119.2$  nmol/L and  $219.4 \pm 131.7$  nmol/L, respectively, with no apparent annual variations. The average concentration of dissolved Al in coastal area was much lower than rivers with the value of  $46.2 \pm 36.3$  nmol/L. The distributions of dissolved Al in the two estuaries both show the nonconservative behavior. Dissolved Al is removed from the water column at the early stage of estuarine mixing of river and seawater and keeps relative stable concentrations in the Wanquan River estuary. However, there are obvious additional sources of dissolved Al in the Wenchang River estuary. The diffusion of dissolved Al from the pore water in the mangrove area and the addition during the resuspension of sediments are the possible sources in the Wenchang River estuary.

The concentrations of dissolved As ranged from 3 to 8 nmol/L in the Wanquan and Wenchang/Wenjiao Rivers, with no apparent seasonal and annual variations. The distributions of dissolved As in the two estuaries both show the conservative behavior, with higher concentrations appeared at the sea end member, which indicates that the incursion of open ocean deep water is the major source of the coastal area of Hainan. The concentrations of dissolved As in the underground water ranged from lower than detection limit to  $41.7$  nmol·L<sup>-1</sup>. Compared with other Chinese and world rivers and underground water, concentrations of dissolved Al and As in the Wanquan and Wenchang River are still in low level.

#### *Trace green house gases*

Dissolved CH<sub>4</sub> in the surface waters of Wenchang/Wenjiao river-estuarine systems were 11.80~1239.64 nM in Dec. 2006, 18.13~2462 nM in Aug. 2007, 6.48~1595.47 nM in July-Aug. 2008 and 12.67~2190.93 nM in March 2009. Distribution of CH<sub>4</sub> along the salinity gradient usually showed a rapid decrease seaward due to loss via air-water exchange and methane oxidation. Dissolved CH<sub>4</sub> in the freshwater end member varied greatly during the observation in August 2008 and March 2009 due to the great variation of land runoffs influenced by heavy precipitation.

Dissolved N<sub>2</sub>O in the surface waters of the Wenchang/Wenjiao river-estuarine systems were 7.81~53.48 nM in Dec. 2006, 7.35~74.05 nM in Aug. 2007, 6.46~111.41 nM in July-Aug. 2008 and 11.91~89.51 nM in March 2009. Distribution of N<sub>2</sub>O along the salinity gradient usually follows a similar pattern to NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, with the maximum occurring at the freshwater end member and then a general decrease seaward.

Distributions of nitrous oxide in the coastal waters of Eastern Hainan showed temporal fluctuations in both concentration and saturation. The highest mean N<sub>2</sub>O concentration in the surface waters were observed in winter ( $10.44 \pm 1.45$  nM,  $140 \pm 20\%$  saturation) and the lowest values ( $6.3 \pm 0.5$  nM,  $110 \pm 8.1\%$  saturation) in Aug.29-Sep.1, 2008. In the northern South China Sea, the concentration of N<sub>2</sub>O varied from 5.51 to 7.74 nmol L<sup>-1</sup>, with the saturation of 99%-123% in August 2008. The studied region behaved as a net source of N<sub>2</sub>O to the atmosphere with the sea-to-air N<sub>2</sub>O fluxes were  $3.35 \pm 3.64$  μmol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> using the LM86 equation and  $5.83 \pm 6.34$  μmol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> using the W92 equation in the Eastern Hainan. Air-sea N<sub>2</sub>O fluxes were  $1.38 \pm 1.07$  μmol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> and  $2.25 \pm 1.20$  μmol·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> in the North South China Sea using the LM86 and W92 relationships.

## Seagrass beds in NE Hainan under pressure from pond aquaculture activities

Lucia Herbeck, Daniela Unger, Miriam Sollich, Tim Jennerjahn

Leibniz Center for Tropical Marine Ecology, Fahrenheitstrasse 6, 28359 Bremen, Germany

Seagrasses are marine plants that form valuable coastal habitats, which fulfil a range of services, such as stabilization of sediments, nutrient removal and supply of food and shelter for fish and other marine organisms. Global seagrass declines have been reported in the past decades and were to a large extent related to increasing eutrophication of coastal waters. One of the reasons for that is a strong development of aquaculture, which has grown at a rate of 8.7% per year since 1970. Particularly along the coasts of tropical Asia, aquaculture ponds have expanded rapidly at the expense of natural wetlands. The objective of this study was to 1) determine the chemical composition and fluxes of aquaculture effluents, 2) study the effects of aquaculture effluents on coastal waters and 3) evaluate the impact of nutrient and organic matter inputs from aquaculture and hinterland on the health of seagrasses at the NE coast of Hainan, tropical China.

We determined dissolved inorganic nitrogen (DIN), phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) and chlorophyll a (chl a) in aquaculture drainage channels as well as in coastal waters of three back-reef areas, Ye Lin, Qingge and Chang qi gang, which varied in pond area in their hinterland (0.04, 2.4 and 8.7 km<sup>2</sup>, respectively) and exposure to nitrogen fluxes related to aquaculture effluents (0.6, 36 and 135 t yr<sup>-1</sup>, respectively). At each study site, we determined species abundance and shoot density of seagrass along a transect perpendicular to the shore. Leaves of *Thalassia hemprichii* collected from the same stations were analyzed for epiphyte loads,  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{34}\text{S}$ . Pond effluents released into coastal waters via drainage channels were heavily enriched in DIN and  $\text{PO}_4^{3-}$ , but concentrations varied strongly depending on water exchange rate and stage of production. High DIN and chl a concentrations, especially directly adjacent to the shore, point to eutrophication of usually oligotrophic waters in the effluent-exposed back-reef areas of Qingge and Chang qi gang. Seagrass meadows at 50 and 100m distance from the shore at those sites had a much lower species abundance ( $\leq 2$  species) and shoot density ( $\leq 100$  shoots m<sup>-2</sup>) compared to that at Ye Lin ( $\leq 6$  species and 2000-3000 shoots m<sup>-2</sup>) indicating adverse growth conditions for seagrasses exposed to high N loads from pond effluents. Higher epiphyte loads on *T. hemprichii* leaves at Qingge and Chang qi gang than at Ye Lin indicate a risk of shading at those sites resulting in reduced seagrass photosynthesis.

$\delta^{34}\text{S}$  values in *T. hemprichii* were much lower than 21‰, the typical  $\delta^{34}\text{S}$  value for seawater, and thus indicate temporal intrusion of toxic hydrogen sulfides into leaf tissue. Since  $\delta^{34}\text{S}$  values were lowest in Chang qi gang (~16‰), sediments of this site appeared to be most impacted by anoxia and sulphate reduction as a result of large organic matter inputs causing a deteriorated sediment environment for seagrasses. The average  $\delta^{15}\text{N}$  of 7.2‰ for *T. hemprichii* leaves in NE Hainan represents the highest value reported from this species worldwide reflecting the immense pressure by <sup>15</sup>N-rich pond effluents on these Hainanese coastal waters. Pond aquaculture in NE Hainan poses severe environmental problems to the seagrass meadows by eutrophication causing stress of outcompeting by algae and sulphide poisoning. This shows that placement of aquaculture ponds next to shallow reef areas is especially harmful due to the presence of vulnerable coastal habitats and limited mixing with open ocean water in back-reef areas.



## Radionuclide tracer study on the environmental processes in the east coastal regions of Hainan Island, China

Jinzhou Du, Dekun Huang, Ni Su, Jing Zhang

State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai, 200062, China

Natural and artificial radionuclides have been used as tracers to study the environmental processes in the estuarine and coastal regions. Particle-reactive nuclides such as  $^7\text{Be}$ , excess  $^{210}\text{Pb}$  ( $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$ ), excess  $^{234}\text{Th}$  ( $^{234}\text{Th}_{\text{xs}}$ ) and  $^{137}\text{Cs}$  can be applied to the suspended particle scavenging and sedimentation, sediment source and transport processes while the dissolved nuclides such as Ra and Rn are identified to be well tracers for the study of diffusion/mixing flux of water mass and materials from coast to offshore and submarine groundwater discharge (SGD).

In the present work, based on the radioactivity distribution pattern in water column in Wenjiao/Wenchang River estuary and Wanquan River estuary, it was found that the distribution coefficients ( $K_d$ ) for both the  $^7\text{Be}$  and  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  decreased with increased suspended particle matters (SPM) concentration and/or salinity. The residence times of particulate  $^7\text{Be}$  and  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  had ranges of 0.4 ~ 1.6 and 1.65-5.15 days, respectively, in the Wenjiao/Wenchang River estuary; and ranges of 0.02-3.2 and 0.61 ~ 4.44 days, respectively in the Wanquan River estuary. All residence times for the two nuclides increased in the seaward direction. In sediment samples collected in estuarine and coastal regions, the ranges of activities of  $^7\text{Be}$ ,  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$ ,  $^{234}\text{Th}_{\text{xs}}$  and  $^{137}\text{Cs}$  were 0.14-12.7, 37.4-199, 2.24-176 and 0.02-1.06  $\text{Bq kg}^{-1}$ , with averages of 3.93, 110, 62.1 and 0.52  $\text{Bq kg}^{-1}$ , respectively. The upwelling and coastal current caused the higher values of these nuclides on north locations. Comparison with source and transport from river discharge of suspended sediment along the coastal, the upwelling offshore and coastal currents are the dominant factor for the transport and sources of surface sediment in study regions. In the sediment core, the activity of  $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$  exponential decreased with depth. Based on the CA model, the deposition rates are ranged from 0.6 to 3.0 mm/yr. Furthermore, excess Ra inputs were found in water column in two coastal systems, the Bamen Bay region and the Wanquan River estuary. The radium sources from the river and sediments cannot balance the radium budgets; thus, another important source from groundwater discharge must be considered. A comparison of the nutrient fluxes through the submarine groundwater discharge with the other nutrient mass balance components in the Bamen Bay region, nutrient input to this coastal area via SGD was a potentially important source of nutrients. The submarine discharge of nutrient-enriched groundwater with high N:P ratios may have an important impact on the coastal ecosystems of east Hainan by controlling the water quality in the adjacent sea by altering the stoichiometry of the N:P ratios. These effects should be further investigated.

## Trace Elements in Estuarine Matrices of East-Hainan

Wolfgang Balzer, Jun Fu, Xiaoliang Tang, Esther Böhler, X. Yin, Immo Becker

Department of Marine Chemistry, University of Bremen, Leobenerstr. NW2, 28334 Bremen, Germany

The presentation of the "Marine Chemistry Group" at the University of Bremen dealt primarily with two publications (under review for the CSR special issue) and two manuscripts.

1. "*Arsenic in solution, colloidal and particulate phases of East-Hainan estuaries*" (W. Balzer, E. Boehler, X.-L. Tang, J. Ren, J. Zhang, W. Dao Ru). Among the trace elements of health concern only Arsenic shows a strong, seemingly conservative increase towards the sea. With respect to estuaries of Europe and large river/estuary systems of mainland China, the As values of the Hainan estuaries suggest a small anthropogenic impact - if ever. The As load of the particles was constant over the full range of salinities (in other estuaries: increases towards the sea). Investigations of colloidal fractions showed that arsenic – in contrast to other trace elements - resides typically to more than 70% in the fraction < 5 kDa, close to the "truly dissolved" fraction.

2. "*Estuarine modification of dissolved and particulate trace metals in major rivers of East-Hainan, China*" (J. Fu, X.-L. Tang, J. Zhang, W. Balzer). Dissolved Fe showed a strong decline toward the sea in both Hainan estuaries suggesting removal of Fe from solution. Surprisingly, the diss.Fe during the dry season was 10 times lower in both estuaries. The chemistry of Pb is controlled by Fe in both solution and in particulate forms and to a lesser extent this was also true for Co. On the contrary, the estuarine profile of dissolved Cd was slightly convex, suggesting active input to the dissolved phase, with enhanced complex formation (e.g.  $[\text{CdCl}_4]^{2-}$ ) by increasing chloride as the most probable reason. However, the extremely low Cd load of the particles, which has a tendency to decrease towards the sea, appears to limit further transfer to the solution phase. The partition ratio between the conc. in particles to that in solution for the particle-reactive Fe and Pb was high and the ratios of Pb and Fe were closely correlated.

3. "*Transport of trace metals in colloidal form through estuarine systems of East Hainan*" (J. Fu, W. Balzer, X.-L. Tang (Marine Chemistry, Univ.Bremen) et al.). The significance of trace metal association with higher molecular weight colloidal fractions decreases from freshwater regimes towards the coastal ocean. This is a major finding with impact on the recently new discussion about the nature of aquatic humics and colloids, implying the question: single units or assemblage of smaller macromolecules?

4. "*The concept of distribution coefficients re-visited: trace elements in various size classes and solid phase speciation of East-Hainan estuaries*" (W. Balzer, X. Yin, J. Fu, X.-L. Tang (Marine Chemistry, Univ.Bremen) et al.). When assessing distribution coefficients the following problems arise: (i) the dissolved conc. includes „truly dissolved“ and colloidal metals and (ii) particulate conc. include adsorbed metals and those in lattice positions. Therefore it is desirable to use the „truly dissolved“ fraction (obtained during our colloidal studies) and the surficial or "exchangeable" fraction which represents only a minor percentage of the total particulates.

*Summary:* In two estuaries of East-Hainan and during dry and wet seasons trace elements were determined in solution, in colloidal fractions, in suspended and in sedimentary particles, with a focus on (potentially) pollutant metals: Cd, Pb, Cu, Ni, Zn, As plus Fe. These trace elements in suspended and sedimentary particles suggest a low level of contamination in both estuaries. Depending on the element a certain percentage of the element in solution is transported in association with colloids; its significance

decreases with salinity. None of these elements in the different matrices exert threats to the health of the coastal corals.

### **Functioning of the Wenchang/Wenjiao Estuary from a Biogeochemical Perspective**

Daniela Unger, Lucia Herbeck, Min Li, Miriam Sollich, Tim Jennerjahn

Leibniz Center for Tropical Marine Ecology, Fahrenheitstrasse 6, 28359 Bremen, Germany

The small tropical Wenchang and Wenjiao Rivers on the island of Hainan, China, are affected by effluents from municipal sewage, aquaculture and agriculture and by contrasting hydrological regimes related to monsoon and tropical storms. In order to obtain information on the sources, transformation and fate of organic matter (OM) we investigated the amount and composition of amino acids and hexosamines as well as the carbon isotope composition in suspended particulate matter (SPM) from the Wenchang/Wenjiao Estuary. SPM concentrations measured along the salinity gradient during four sampling campaigns between 2006 and 2009 ranged between 4.7-58.2 mg L<sup>-1</sup>. Apart from highest values after heavy rain events in spring and summer, SPM showed little seasonal variation, but increased with salinity. From SPM POC (1.2-20.9%), C/N (4.9-16.5),  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  (-31.5 to -19.5‰), the molar composition and content of amino acids and hexosamines (8.2-156.2 mg g<sup>-1</sup> dry weight) and by comparison with sediments, mangroves, soils and plants we were able to show that soil-derived material, freshwater plankton and marine plankton were the major sources of suspended OM. High POC and amino acid contents were related to primary production sustained by elevated concentrations of dissolved nutrients. Average  $\delta^{15}\text{N}$  was 13.1‰ for NH<sub>4</sub> and 7.1‰ for NO<sub>3</sub>. This is consistent with data obtained from the aquaculture ponds indicating that aquaculture is a major nitrogen source for primary production in the study area. The <sup>15</sup>N-enriched OM produced from anthropogenic nutrients is transferred into the food web as seen by high  $\delta^{15}\text{N}$  of fish tissue.

Principal component analysis showed that the suite of biogeochemical parameters measured clearly depicts the terrestrial vs. marine origin and the freshness/reactivity of OM. The four groups of samples resulting from cluster analysis were basically related to varying hydrological regimes. With respect to the sources, degradation and fate of particulate OM the major control factors were: (i) the year round input of labile, amino acid-rich riverine OM at the freshwater dominated sites, (ii) high input of degraded soil OM after heavy rains with dispersal throughout the estuary and export to the adjacent coastal area, (iii) significant production of labile marine OM especially during summer inside the bay and the (iv) dominance of refractory marine OM during winter and spring seasons and in the offshore region. While a major part of the fresh OM fueled by anthropogenic nutrients appears to be stored or recycled inside the bay, periodic torrential rainfalls can lead to a pulsed export of this OM to the coastal area where it may adversely affect seagrass meadows and coral reefs.

### **Biogeographic history of different marine species between coastal Hainan Island and mainland China**

Lijun He

State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai, China

As a tropical area, South China Sea might play an important role in the evolutionary history of marine species from China seas. Through sampling different species (e.g. mud crab, fiddler crab, mudskipper and hairtail) from the coasts of Hainan Island and adjacent mainland China, three questions were discussed: (1) What's the differences of Species diversity and genetic diversity between Hainan Island and main China; (2) Is there a genetic connection between coastal Hainan Island and mainland China; (3) What is the evolutionary role played by Hainan Island? Based on comparisons between different sites, consistent higher species/genetic diversity pattern was found in Hainan Island relative to mainland China, and South China Sea/East Indies Triangle relative to other regions from mud crab (*Scylla*), fiddler crab (*Uca*), hairtail (*Trichiurus*) and mudskipper (*Periophthalmus*). Except some weak genetic separation (e.g. between Beibu Gulf and eastern South China Sea for *Scylla paramamosain*), a general homogeneous population was revealed for *S. paramamosain*, *P. modestus* and *T. hainanensis* in South China Sea and East China Sea, which might have reflected the effect of population mixture by the reversal of monsoon circulations. South China Sea was inferred to have acted as a refuge or dispersal origin for *P. modestus* based on the following evidences: older population history, higher genetic diversity and ancestral haplotypes were found in South China Sea relative to East China Sea. Similarly, East Indies Triangle could also have served as a dispersal origin for mud crab (*Scylla*) and *T. hainanensis* because of the ancestral cluster or haplogroup revealed in this region. In order to reach a general evolutionary pattern in Hainan, South China Sea and Indo-West Pacific, further comparative phylogeographic studies from different species were still needed using genetic, chemical and physical oceanographic methods.

### **Habitat linkages: Nekton status and connectivity between coral reefs, mangroves and seagrass beds**

Uwe Krumme, Tianci Wang, Angela Scharfbillig, Britta Grote, Dominique Maier, Julian Rau

Leibniz Center for Tropical Marine Ecology, Fahrenheitstrasse 6, 28359 Bremen, Germany

The overall aim of subproject 2 was to gain knowledge on linkages and relative value of coastal habitats of important fish species in East Hainan. The specific scientific aims of the project were 1. to evaluate the status of the fish communities of coastal habitats of East Hainan, 2. to do a census of the lift net fishery in East Hainan 3. to analyse the food web of the coastal habitats and their trophic connectivity and 4. to investigate the habitat connectivity for common fish species in the coastal areas.

Sampling was conducted in the Wenchang/Wenjiao estuary in East Hainan in 2007, 2008, and 2009 at three different stations. At these three stations, 24hrs cycles of abiotic parameters were measured. Lift net samples were collected at these stations in the three years and a census of the lift net fishery was done in the Wenchang/Wenjiao estuary. In

the back-reef area daytime visual census were done on fixed transects and fish species were identified and counted. Changes in the study area within the last decades were investigated with GIS analyses of satellite images from 1965, 74, 94, 2000 and 2009. The analyses showed that within the last 5 decades 75% of mangroves were lost. This mangrove loss was due to three reasons: 1. 1958-62: wood for steel production 2. after 1962 there was a famine and mangroves were cleared for rice fields 3. 1980s start of shrimp aquaculture and mangroves were cleared for ponds.

In the estuary, around 130 species of fish were caught of which were 18 goby species and all together 34 crustacean species were found. In the lagoon, the fish community was dominated by planktivorous species, most fish were smaller than 8 cm. Other common fishes were benthic species with short life cycles. Also common were mullets, which are often associated with eutrophic habitats. Large carnivores were rare. For several species this was the first record for Hainan extending their distribution range further North and West. The fish community in the lagoon was significantly different from that in the back reef area. Fish biomass in the lagoon ranged between 0.02 and 0.2 g per m<sup>2</sup>, which is very low compared to other tropical estuaries, which usually have 5 to 20 g per m<sup>2</sup>. In the back-reef area the fish biomass was also very low with a mean of 2.9 g per m<sup>2</sup>. The small fish sizes, the low biomass and the low number of predatory fish all indicate a high level of overfishing.

The census of the lift net fishery revealed that it is a traditional, ancient fishery with about 300 lift nets in the study area. Of these nets 82% are located in the Wenchang/Wenjiao estuary. 50% of the catch is sold to local mariculturist as there is a large live food trade in China. Small or low quality fish are sold as feed for aquaculture. From 2007 to 2009, there was a 16% decrease in the number of nets due to low catches. Fishing in the area takes place on low trophic levels because fish of high trophic levels are rare. This is an example of fishing down the food web. Through fishing there is a gradual transition of catches from long-lived, high trophic level, large piscivorous species to short-lived, low trophic level, small planktivorous species. Also this is an example of Malthusian overfishing, which occurs when poor fishermen, faced with declining catches and lacking any alternative, initiate resource destruction in their effort to maintain their incomes.

It is known that many fish species in the tropics use different coastal habitats. To investigate trophic habitat connectivity, the first aim was to identify autotrophic food sources which sustain the fishery in the different salinity zones and secondly to estimate the level of trophic connectivity among these estuarine zones by the feeding movements of fish and crabs. In the lower reaches of the River, mangroves built the habitat as they hold back the sediment. On this sediment and on the roots of the mangroves grow red algae and benthic macroalgae which are important primary producers in the rivers. In the lagoon, the food web is based on phytoplankton, same as in the back reef area, where also marine phytoplankton and epiphytes of seagrass occur. The observed increase in  $\delta^{13}\text{C}$  towards the marine habitat can be explained by marine phytoplankton, which has higher  $\delta^{13}\text{C}$  values compared to freshwater primary producers. At all three stations 3 to 4 trophic levels were found. High  $\delta^{15}\text{N}$  values were found in the primary producers and therefore in the higher trophic levels of the lagoon, suggesting that the pollution signature from aquaculture effluents is spread through the food web. Further analyses for estimating the trophic connectivity in the study area are still ongoing.

To investigate ontogenetic habitat connectivity, the aims were to compare spatial distribution patterns of organic and mineral fractions in otoliths between different fish species/fish families and secondly to analyse spatial distribution patterns of organic and mineral fractions from individuals of the same species caught at the three different areas to better understand life cycle migrations and coastal connectivity. The otoliths of the 10 most common species in the estuary will be analysed in cooperation with Fen Fen Zhang

from the State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research (East China Normal University, Shanghai).

Mangrove clearing for shrimp ponds, shrimp pond effluents and overfishing changed the coastal ecosystems of Hainan in terms of fish abundance and biomass, biodiversity and ecosystem resilience towards disturbances such as typhoons. The coastal ecosystems of mangroves, seagrass beds and coral reefs fulfill important ecological functions, for example as spawning sites, nursery habitats, provision of connectivity through nutrient/biomass flows, feeding migration, ontogenetic migrations, and they are highly productive. These ecosystems also provide services to humans, like fisheries, tourism, shoreline protection and passive values such as hereditary value, future use and biodiversity. The results of SP2 may help to highlight urgent conservation and resource management issues, e.g. the need for actions to protect coastal areas with the three habitats in order to restore the productivity and the resilience of the ecosystem.

### **Upwelling dynamics and how it links to ecosystem off Eastern Hainan**

Jian Su

Institute of Oceanography, University of Hamburg, Bundesstr. 53, 20146 Hamburg, Germany

The influence of typhoon on the coastal upwelling off the eastern Hainan Island was studied based on observations taken during two upwelling seasons. The observations were made in August 2007 and July 2008, respectively. We found that, in principle, similar structure of sea surface temperature and bottom temperature prevailed in both observational periods, providing evidence that upwelling events occur frequently during the summer monsoon along the eastern Hainan shelf. It was observed that variations in the strength of upwelling are controlled by storm events, i.e., strong northerly winds change the structure of the thermocline on the shelf significantly. The strong mixing caused by wind reduces the strength of the thermocline, in particular in coastal seas. Based on our conceptual model, a frontal zone between mixed coastal water and offshore water develops which destabilizing the water column and hence decreases the upwelling strength.

During the cruise in July 2008, we found a clear match between the upwelling center and maximum of diatom biomass. This inferred that there existed a tight coupling between the upwelling dynamics and ecosystem off Eastern Hainan. In addition, the biomass and abundance of the diatom at the bottom layer is higher than that at surface layer. We hypothesized that sinking process dominated the relaxation of the upwelling events. The low nutrient concentration along the southern section supported our hypothesis.

## The observation of the upwelling off eastern Hainan Island in 2009

Dongfeng Xu<sup>1</sup>, Jun Wang<sup>1</sup>, Jian Su<sup>2</sup> and Thomas Pohlmann<sup>2</sup>

1. State Key Laboratory of Satellite Ocean Environment Dynamics, Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, PO Box 310012, Hangzhou, China,

2. Institute of Oceanography, Centre for Marine and Climate Research, University of Hamburg, Bundesstr. 53, 20146 Hamburg, Germany

To investigate the interannual variability of the coastal upwelling, we studied the hydrodynamics off eastern Hainan Island in summer from 2007 to 2009. The observation in 2009 covered larger area comparing with other two years, which enabled us to investigate the upwelling located at northeastern Hainan Island. In general, we found two upwelling centers in the cruise 2009 (figure 1,2,3 and 4). One center located at southeast of Hainan near the cape, where the upwelling dynamics have been studied by SU and Pohlmann (2009). Moreover, we investigated another center in the northeast of Hainan near Qizhou Islands, which was stronger than the southeastern one. The northeastern upwelling center was also reported by Jing et al 2009.

The central question we addressed here is why the northern upwelling was stronger than the southern one. We proposed that the interplay between the wind, boundary current and bathymetry played an important role. The direction of isobaths changed from northeast to east, which might cause the accumulation of water at northeast shelf of Hainan Island under the condition of summer monsoon. This was similar to the mechanism to explain the strengthened upwelling in summer outside the Yangtze River estuary (near the 50m isobaths).

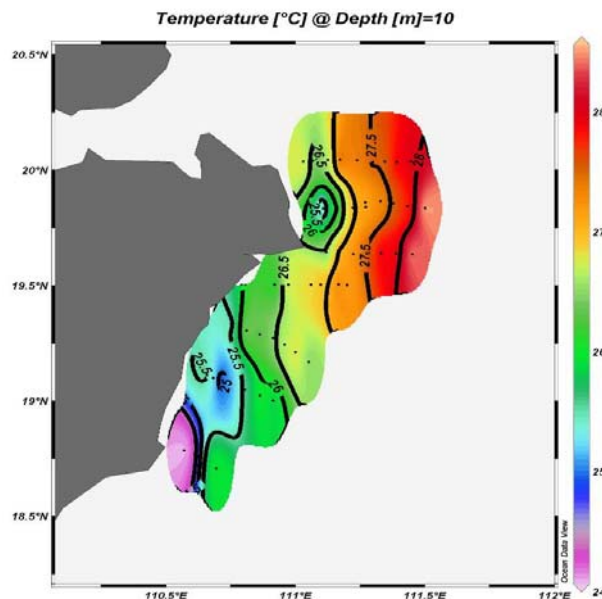


Figure 1. The temperature distribution at depth of 10m in August 2009.

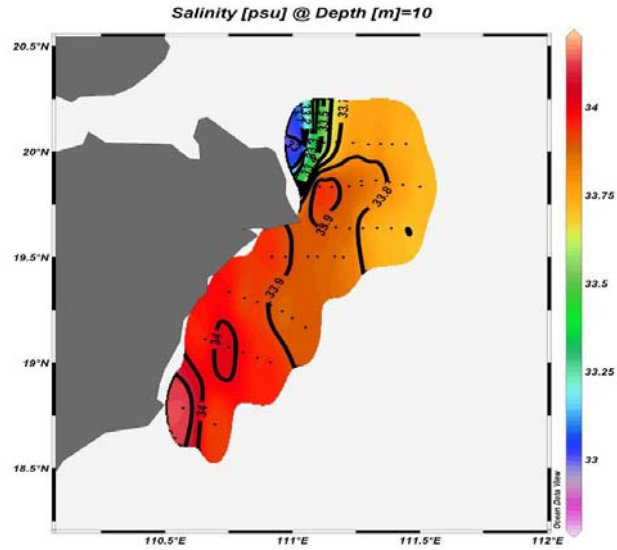


Figure 2. The salinity distribution at depth of 10m in August 2009.

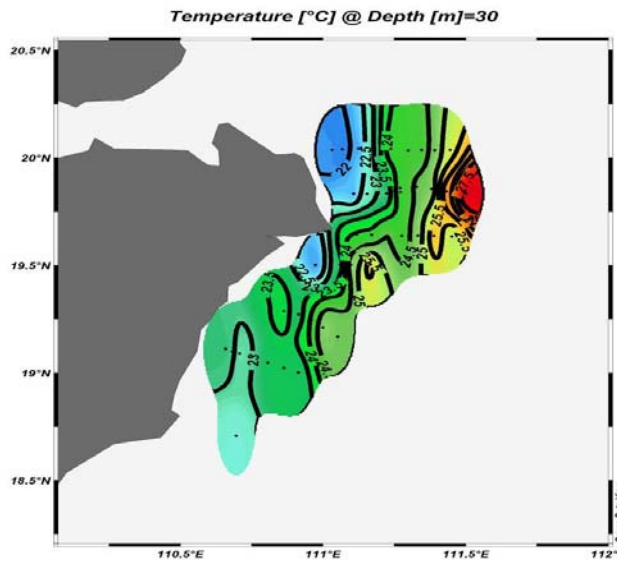


Figure 3. The temperature distribution at depth of 30m in August 2009.



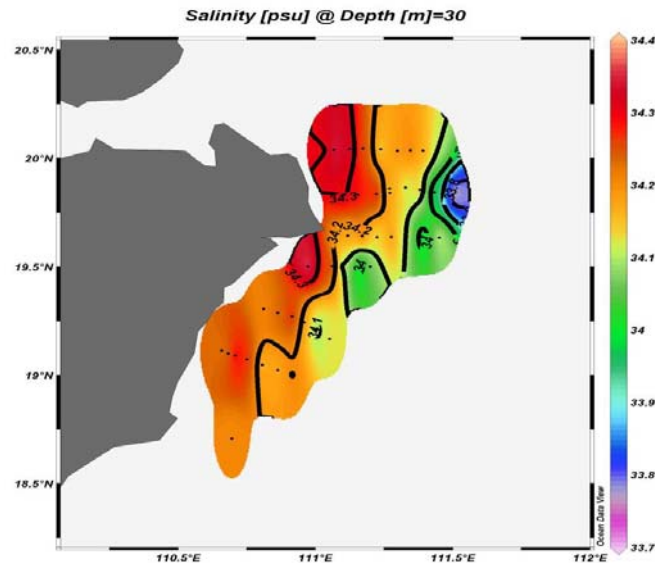


Figure 4. The salinity distribution at depth of 30m in August 2009.

### Dynamic Changes of Coral Reef, Seagrass, Mangrove and Its Protection in the East Hainan Island, China

Daoru Wang

Hainan Provincial Marine Development Plan and Design Research Institute, Haikou, 570125, China

During a field survey 57 coral transects, 90 seagrass transects and 28 mangrove stations were studied on Hainan Island, China, in June and July 2009. A wide distribution of corals was observed, especially in the south and east of the island. The average coral coverage reached 35.6 % in the southern, 31.5 % in the eastern, 26.9 % in the northern and 20.4 % in the western coast. Compared to historical records, we find the live coral cover undergoing a significant trend of degradation. For example, along the Luhuitou coast the live coral coverage decreased remarkably in the past 50 years. Prosperous coral communities were abundant with a coverage of 80 %-90 % in the 1960s, but it was reduced to 60 % in 1978 and 1983 to 35 % in 1990. It then increased to 42 % in 1998, but declined again to 23 % in 2002 and 20 % in 2004. The coral genus level did not change that much, but coral species level has also decreased by almost 20% in the past 50 years, some species even disappeared. For example, along the Luhuitou coast, there were 71 species recorded in 1963-1969, 56 species in 1993-1994, 44 species in 2001, 33 species in 2004 and 24 species in 2006. Finally, only 20 species were observed in 2008. Most species of the *Fungia* have disappeared. Our studies also showed that coral larvae in Hainan were abundant, hard coral recruitment averaged 0.94 ind/m<sup>2</sup>, the new coral species were mainly *Acropora* and *Montipora*. Coral reef ecosystem health was severely impaired in the Longwan and Lingchang reef areas, and coral coverage was also significantly lower in these areas. Although the coral coverage maintained a relatively high level in Mulantou and Yalong Bay, coral reef ecosystems were also in an unhealthy state because of low CI values. Therefore, we speculate that

the coral coverage in these two regions will likely continue to decrease. The CI value matched the coral coverage in other areas, indicating that the coral reef ecosystems in these areas were relatively stable and healthy, and the external pressure on the environment was relatively small. Nutrient concentrations in coral reef areas around Hainan Island appear to be below eutrophication levels, but the concentrations of TP and TN near the centers of human activity were higher than critical concentrations of eutrophication.

It could be seen from the survey results that overfishing was widespread in the surrounding waters of Hainan Island, the quantity of large-scale economic fish and macrobenthos reduced significantly, the macroalgae coverage area increased and the crown-of-thorns starfish was also observed posing the threat of a large-scale outbreak.

The results showed seagrass beds were widely distributed in the coastal estuaries and lagoons in Hainan, especially in Gaolong Bay and Changqi harbor of Wenchang, Longwan, Xincun and Li'an and other lagoon areas. There were great differences in seagrass cover, density and biomass observed in the investigation areas in Hainan Island. The seagrass cover ranged between 68.0 % to 27.7 %, with an average value of 50.7 %. The range of seagrass biomass was from 727.2 g/m<sup>2</sup> to 71.2 g/m<sup>2</sup>, with an average value of 410.3 g/m<sup>2</sup>, and the range of seagrass density was from 550 ind./m<sup>2</sup> to 4,131 ind./m<sup>2</sup>, with an average 1,753 ind./m<sup>2</sup>. The main threats to seagrass beds included the impact of aquaculture pollution on the growth of seagrass, excessive use of seagrass beds which caused the seagrass being patchily and dot-likely distributed, and natural factors which could also cause devastating damage to the seagrass.

The results also showed there were 24 true mangrove species and 12 mangrove associate species in China, and all of them can be found in Hainan Island. However, the distribution of mangroves in Hainan Island were significant different between the eastern and the western parts. Mangrove plant species were more abundant along the eastern than along the western coast, and some species were only observed along the western coast. By now 13 rare and endangered mangrove species were found in Hainan. The results showed that the mangrove area was 2958 ha in 2009. In the past 50 years the mangrove area was reduced by approx. 60 %, especially in Sanyait was about 94 %. There were abundant bird species in Hainan mangrove conservation area. According to the survey and the data collected, there were 176 species of birds in Hainan mangrove swamps, belonging to 16 orders, 48 families. In 2009, 63 species of birds in 32 families were recorded in Hainan Island. There were 56 macrobenthos species in Hainan mangrove conservation area, including 29 mollusk species, 18 crustacean species, 7 polychaete species, 1 brachiopod species, and 1 nekton species. Totally, 97 phytoplankton taxa in 46 genera were identified; there were 59 taxa in 25 genera belonging to Bacillariophyta, and 10 taxa in 7 genera for Cyanophyta, 18 taxa in 9 genus for Chlorophyta, 1 taxon in 1 genus for Chrysophyta, 5 taxa in 5 genera for Pyrrophyta, 4 taxa in 2 genus for Euglenophyta, respectively. Compared to the low numbers of redtide causing species and the cell density in other areas, the numbers of redtide causing species and cell density were high in Xinyin and Qingmeigang mangrove reserves.

Coral reefs, seagrass meadows and mangroves are the most critical tropical ecosystems along the Hainan coast which are in different degrees of degradation. In order to protect the coral reef, seagrass beds and mangrove ecosystems, it is necessary to implement strict regulations in order to eliminate threats, include controlling land reclamation and transformation, reducing the pollutant load from aquaculture, etc., and perform coral reef, seagrass and mangrove restoration projects and dynamic real-time long-term monitoring and strengthen international scientific cooperation.

## **A western boundary upwelling system responds to recent climate variation**

Thomas Pohlmann

Institute of Oceanography, University of Hamburg, Bundesstr. 53, 20146 Hamburg, Germany

Bakun (1990) hypothesized an intensification of coastal upwelling under the global warming in the eastern boundary current systems. Following this hypothesis, we assumed that coastal upwelling also increases on the western side of ocean basins (e.g. upwelling off eastern Hainan coast in this study). We applied a state-space decomposition to the alongshore wind stress, and examined an intensification during the "upwelling season" in the last 20 years (1988 - 2008), which agreed well with the above hypothesis. However, when we applied the same decomposition to a temperature time-series at the Qinglan station (located at the eastern Hainan coast), the upwelling strength revealed an decreasing trend in the past 50 years (1960 - 2006), leading to the conclusion that other factors might dominate the inter-annual variability of the upwelling in the study area. Furthermore, we found that oscillations of temperature records corresponded well to the El Nino signal. Hence, we suggested that understanding the influence of climate change on El Nino-South Oscillation (ENSO) dynamics is a prerequisite to verify the hypothesis stated above.

We performed two different model simulations with similar resolutions to study the influence of the large scale circulation on the upwelling. One was performed with a global model using a prognostic sea surface temperature (SST), and another one with a regional model applying SST restoring. We introduced "SST upwelling indices" calculated by offshore-onshore temperature difference, and compared them with time-series upwelling indices obtained from state-space decomposition. We only found a good correlation between these two indices with the simulation using the regional model setup. We also found an acceptable relationship between the western boundary current and the strength of the upwelling with this regional model setting. We concluded that the trend we investigated in the Qinglan time series was significantly influenced by the western boundary current system instead of the global warming signal.

### **3. Discussion: What can LANCET contribute to Hainan in terms of a sustainable use of its marine ecosystems?**

#### **3.1. What are the sources and impacts of pollutants on the coastal ecosystems off East Hainan in comparison to other world regions?**

##### Research results:

- The concentrations of heavy metals in water, sediments and suspended particulate matter from two investigated rivers are so low that no adverse effects on the health of corals and seagrass beds are expected.
- The effluents from aquaculture facilities which are located along the NE coast of Hainan are a major source of nutrient pollution; they affect at least nearshore coastal waters/backreef areas.
- Extreme climatic events such as typhoons can lead to strong pulses of freshwater, nutrient and sediment input into coastal waters which affect seagrass beds and coral reefs. Mangroves that formerly absorbed a large part of land-derived substances have been severely reduced in the past decades. This loss of filter capacity amplifies the adverse effects in seagrass beds and coral reefs.
- In this context semi-enclosed estuaries like Bamen Bay can act as buffering areas which retain land-derived substances under normal conditions, but which can be flushed out during extreme rainfalls.
- Eutrophic conditions have been observed in seagrass beds/backreef areas and in immediate vicinity of river mouths. They enhance the growth of epiphytes on seagrass beds and corals. Additionally, the decomposition of the high biomass/organic matter produced can lead to oxygen depletion. Both can impair the performance of seagrass beds and corals or even lead to a die-off.
- Overexploitation of fisheries resources is responsible for a low abundance of grazing fish species which otherwise would control the growth of epiphytes on seagrass and of filamentous algae in coral reefs.

##### Inferences made from results:

- Land use change such as the reduction of mangrove areas leads to an increased input of suspended particulate matter into coastal waters which may affect the health status of seagrass beds and coral reefs.
- Reduction of mangroves additionally leads to a loss of nursery grounds and shelter for several fish species, particularly those of seagrass beds and coral reefs.

- Other potential nutrient and organic matter sources for eutrophication of coastal waters are agriculture, disposal of untreated sewage and submarine groundwater discharge.
- Although being banned for years dynamite and cyanide fishing is still going on and damages the whole ecosystems.

### **3.2. 'Lessons learned' and methodology to reduce the input of land-derived pollutants into the coastal environment?**

- A management of aquaculture facilities should be implemented and knowledge should be provided for the proper running of the facilities in order to reduce the input of nutrients and pollutants from aquaculture effluents. A feeding management tailored to the needs of the cultivated organisms, i.e. reduction of feed, may reduce the cost for feed of the farmers and may reduce the load of nutrients and organic matter.
- Additionally, treatment of aquaculture effluents should be implemented. The management should also include spatial planning of aquaculture areas.

### **3.3. Suggestions to the government of Hainan regarding restoration and sustainable management of coastal ecosystems based on the results of LANCET.**

- Destructive fishing methods such as dynamite and cyanide fishing which are still applied and cause severe degradation of seagrass beds and coral reefs should be avoided.
- The release of untreated effluents from aquaculture is another potential threat that needs to be investigated as effluents may contain bacteria and viruses that can cause diseases of coastal species.
- Restoration of mangroves may be useful because (i) it increases coastal protection against physical damage from storms, (ii) it provides nursery grounds for seagrass and coral reef organisms and (iii) sediments, nutrients and other pollutants can be prevented from entering coastal waters. Monoculture is not recommended as it cannot provide the full services mentioned above.
- As an expansion of tourism in the coastal zone of Hainan is a priority of the government the beauty and health of the coastal ecosystems are the major economic potential. Conservation of coral reefs, seagrass beds and mangroves and a sustainable use of their natural resources is therefore mandatory.

#### **4. Presentation and discussion of ideas for future research in tropical China/Hainan**

##### **Lijun HE (ECSFRI-CAFS/SKLEC-ECNU):**

A homogeneous population structure and high species and genetic diversity were detected in Hainan island for marine species (mainly crabs). The South China Sea and the East Indies Triangle are the centers of genetic diversity between West Pacific and the Indian Ocean.

Broader questions in this context are:

1. What are the temporal and spatial variations in the South China Sea? Which geological information does exist? Which information is available from the Nansha and Xisha archipelagoes?
2. What is the status of genetic information from marine species including animal, plants and microbiology?

The methods to be used are population genetics and phylogeography.

With these methods information from tropical China/Hainan can be gained to answer the following questions:

- What are the evolutionary patterns in some islands of South China Sea?
- Where are the species from, and where will they go? (migration pathway)
- What is the effect of pollution on marine species' evolution (such as population size and genetic diversity change)?
- Is there any relationship between oceanographic conditions, climate events and evolutionary response of marine species?

##### **Jian Su, Thomas Pohlmann (IO-UHH):**

Based on gaps in knowledge identified during LANCET the IO-UHH suggests the following efforts in modelling:

1. Modelling of estuarine/nearshore processes is required to better link estuarine with open ocean processes.
2. Modelling of passive tracer transport (suspended sediments, pollutants) is required to understand the dispersal of substances.
3. The interaction between physical and biogeochemical processes also needs to be included in modelling efforts in order to understand the fate of land-derived substances in coastal ecosystems.
4. The impact of climate change on ecosystems should be included in models.

Further comments:

- A synchronisation of data and boat/ship cruises is desirable for future activities.
- Modeling can be done anywhere, but observations are required. Therefore, relying on existing observations can improve model results.

- A cruise of RV Sonne is planned in the Gulf of Tonkin which could provide data and knowledge for boundary conditions for work in W coast of Hainan.
- Work in the W coast of Hainan is desirable, because conditions there are different from the E coast and it would provide links to Gulf of Tonkin oceanography. It may also help to understand the health status of coral reefs along the W coast.

**Larissa Dsikowitzky, Jan Schwarzbauer (ZMT, RWTH):**

An idea for research on environmental geochemistry in Hainan's coastal systems entitled "Intensive aquaculture – a threat to Hainan's aquatic ecosystems?" is presented.

Aquaculture of shrimps and high-priced fish species is an important branch of Hainan's economy. Intensive aquaculture with high stocking rates requires the application of chemicals for control of diseases and fungal attacks, inhibition of algal growth, disinfection and removal of particles and nutrients for improvement of production. Organic chemicals used in shrimp farming can include pesticides, disinfectants and antibiotics. Effluents from aquaculture including pollutants are released into estuaries and backreef areas and are distributed in coastal ecosystems. There, they may affect organisms directly and through accumulation in edible organisms they may ultimately also impair human health.

A goal of future research would be to characterize the effluents' chemical composition and to trace toxic and persistent constituents in the aquatic environment.

The expected outcome is a first data set on occurrence of potentially harmful organic compounds from aquaculture in Hainan's coastal environments and a preliminary risk assessment.

For that purpose collaboration is required with biogeochemistry (nutrient and organic matter transport and transformation), physical oceanography/modelling (dispersal of contaminants) and ecology/biology (effects on seagrasses, uptake experiments).

*Comment Daoru Wang (HMDDI):* The mentioned chemicals are forbidden. Problems for the planned investigations could arise with Ministry of Agriculture (also responsible for fisheries) because of possible interference with quality control of shrimps, fish etc. used for export.

**Wolfgang Balzer (MC-UHB):**

He raises the question whether it is useful to start investigation in another area. Because of the complexity of conditions as a lesson learned from LANCET he recommends to build further research on identified gaps and existing information in known areas and only add a pristine area for comparison.

**Lucia Herbeck, Tim Jennerjahn (ZMT):**

A proposal on seagrass research is presented based on research results obtained and gaps in knowledge identified during LANCET. Release of aquaculture effluents into coastal waters and gradients in nutrient concentrations along transects perpendicular to the coast have been observed in backreef areas covered by seagrasses.

In order to assess the ecosystem health/status of seagrass beds it is required (i) to characterize and quantify the filtering capacity of seagrasses for nutrients (how much DIN and phosphate can be removed from water column?) and (ii) to assess the response of seagrasses to different pressures (OM in sediments, nutrients in water column, organic pollutants). This information shall be used to create scenarios of the future state of seagrasses.

*Comment Daoru Wang (HMDDI):* The Hainan government should be informed about the seagrass status in order to define more reserves. It is necessary to conduct more research on that topic.

**Sumei Liu (CCCE-OUC):**

Sumei Liu expresses her interest in continuing studies on transport and transformation processes of nitrogen (organic matter in general) related to environmental change and eutrophication in E Hainan, particularly on nutrient transfer in foodwebs. She adds that Guiling Zhang is interested in continuing work on the release of trace gases from various coastal ecosystems of Hainan.

**Dongfeng Xu (SIO):**

Unexpected patterns of upwelling have been observed off Hainan. To understand the role of upwelling for coastal processes and ecosystems it is therefore necessary to investigate the role of topography on upwelling E and N of Hainan.

*Comment Jian Su (IO-UHH):* Assessing effects on coastal ecosystems requires to include biologists in the team.

*Comment Thomas Pohlmann (IO-UHH):* Topography-driven upwelling is important in Vietnam and can be compared. The unexpected findings off Hainan cannot be simply explained by wind force, topography may play an important role. For an assessment of open ocean processes on Hainan coasts it is therefore important to investigate the influence of topography.

*Comment Jing Zhang (SKLEC-ECNU):* He mentions that it is important for justification of future joint research to define scientific goals and to stress the need for collaboration.

**Daoru Wang (HMDDI):**

There is a need to identify (i) achievements and (ii) gaps in knowledge from LANCET for the formulation of future research activities in Hainan. The following recommendations/needs were mentioned:

- It is important to continue work on seagrass.



- Because of the low levels detected so far, it appears unnecessary to continue work on metals.
- Research on organic pollutants is desirable provided permission by the Hainan government can be obtained.
- A better assessment of the effect of oceanography/upwelling on coral reefs is still needed, but it should be more focussed on the nearshore coastal processes and include the fate of pollutants and other land-derived substances.
- More attention should be paid to river inputs and processes in river catchments including the characterization of land-derived substances and the quantification of fluxes. Some large and middle-sized rivers should be included in future research activities.
- In general, future research activities should focus on quantifying fluxes and drawing up budgets in order to assess current effects on coastal ecosystems and to predict future developments. A central question is: how much do organisms/mangroves/seagrasses take up?.

*Comment Tim Jennerjahn (ZMT):* The ZMT has expertise and facilities and is highly interested to work on processes and fluxes in rivers and their catchments.

### **Abbreviations**

CCCE-OUC: College of Chemistry and Chemical Engineering, Ocean University of China, Qingdao

ECSFRI-CAFS: East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries, Shanghai

SKLEC-ECNU: State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai

HPMDDI: Hainan Maritime and Fishery Department and Hainan Provincial Marine Development Plan and Design Research Institute, Haikou

IO-UHH: Institute of Oceanography, University of Hamburg, Hamburg

MC-UHB: Department of Marine Chemistry, University of Bremen, Bremen

RWTH: Institute of Geology and Geochemistry of Petroleum and Coal, Aachen Technical University, Aachen

SIO: Key Laboratory of Ocean Dynamic Processes and Satellite Oceanography, Second Institute of Oceanography, Hangzhou

ZMT: Leibniz Center for Tropical Marine Ecology, Bremen

## 5. Participating institutions

**College of Chemistry and Chemical Engineering  
Ocean University of China**  
238 Songling Road  
Qingdao 266100, China  
[www.ouc.edu.cn](http://www.ouc.edu.cn)

**Department of Marine Chemistry  
University of Bremen**  
Leobenerstr. NW2  
28334 Bremen, Germany  
[www.meereschemie.uni-bremen.de](http://www.meereschemie.uni-bremen.de)

**Hainan Provincial Marine Development Plan and Design Research Institute**  
15 Longkun bei Road  
Haikou 570203, China

**Institute of Oceanography  
University of Hamburg**  
Bundesstr. 53  
20146 Hamburg, Germany  
[www.ifm.uni-hamburg.de](http://www.ifm.uni-hamburg.de)

**Leibniz Center for Tropical Marine Ecology (ZMT)**  
Fahrenheitstr. 6  
28359 Bremen, Germany  
[www.zmt-bremen.de](http://www.zmt-bremen.de)

**Second Institute of Oceanography**  
36 Baoshu Road North  
Hangzhou 310012, China  
[www.sio.org.cn](http://www.sio.org.cn)

**State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research  
East China Normal University**  
3663 Zhongshan Road North  
Shanghai 200062, China  
[www.sklec.ecnu.edu.cn](http://www.sklec.ecnu.edu.cn)

Ms. Zheng Rui  
**State Oceanic Administration (SOA)**  
Division of Bilateral Affairs  
Department of International Cooperation  
1 Fuxingmenwai Avenue  
Beijing 100860, China

Dr. Susanne Fretzdorff

**Project Management Jülich – System Earth**

(on behalf of German Federal Ministry of Education and Research (BMBF))

Seestraße 15

18119 Rostock-Warnemünde, Germany

Prof. Jan Harff (external reviewer)

**Institute for Marine and Coastal Sciences**

**University of Szczecin**

Ul. Mickiewicza 18

70-383 Szczecin, Poland

## 6. Contact details of participants

Prof. Dr. Wolfgang Balzer

Dr. Larissa Dsikowitzky

Dr. He Lijun

Prof. Dr. Du Jinzhou

M.Sc. Lucia Herbeck

PD Dr. Tim Jennerjahn

Prof. Dr. Liu Sumei

PD Dr. Thomas Pohlmann

M.Sc. Angela Scharfbillig

Dr. Su Jian

Dr. Wang Daoru

Prof. Dr. Xu Dongfeng

Dr. Zhang Fenfen

M.Sc. Zhang Guosen

Prof. Dr. Zhang Jing

Dr. Zhu Zhuoyi

balzer@mch.uni-bremen.de

larissa.dsikowitzky@zmt-bremen.de

tiger02j@hotmail.com

jzdu@sklec.ecnu.edu.cn

lucia.herbeck@zmt-bremen.de

tim.jennerjahn@zmt-bremen.de

sumeiliu@mail.ouc.edu.cn

pohlmann@ifm.uni-hamburg.de

angelascharfbillig@web.de

jian.su@zmaw.de

wangdr6@yahoo.com.cn

xudongfengyhcn@yahoo.com

ffzhang@sklec.ecnu.edu.cn

gszhang@sklec.ecnu.edu.cn

jzhang@sklec.ecnu.edu.cn

zyzhu@sklec.ecnu.edu.cn

**A2 Eingereichte/veröffentlichte Manuskripte für einen Sonderband in  
Continental Shelf Research**

- 1) Distribution patterns of particle-reactive radionuclides in sediments off eastern Hainan Island, China: Implications for source and transport pathways.  
Dekun Huang; Jinzhou Du; Bing Deng; Jing Zhang
- 2) Biogeochemical behavior of organic carbon in a small tropical river and estuary, Hainan, China.  
Ying Wu; Hongyan Bao; Daniela Unger, Lucia S. Herbeck, Zhuo-Yi Zhu, Jing Zhang, Tim C. Jennerjahn
- 3) From food to feed: Assessment of the stationary liftnet fishery of East Hainan, Northern South China Sea.  
Uwe Krumme; Tianci Wang; Daoru Wang
- 4) Impact of the conversion of mangroves into aquaculture ponds on the sedimentary organic matter composition in a tidal flat estuary (Hainan Island, China).  
Hongyan Bao; Ying Wu; Daniela Unger; Lucia S. Herbeck; Jinzhou Du; Yunjie Sun; Jing Zhang
- 5) Spatial differentiation of coral species related to wave energy along the Changqi coast, Hainan Island, southern China.  
Daoru Wang; Yuanchao Li; Jianxin Lan
- 6) A western boundary upwelling system response to recent climate variation (1960–2006).  
Jian Su; Mingquan Xu; Thomas Pohlmann; Dongfeng Xu; Daoru Wang
- 7) Water residence time and submarine groundwater discharge in the Wenchang Estuary/Bamen Bay of east Hainan Island.  
Lei Zhang; Jing Zhang; Hequan Gu; Dekun Huang; Ni Su; Jinzhou Du
- 8) Arsenic in solution, colloidal and particulate phases of East-Hainan estuaries.  
Wolfgang Balzer; Esther Boehler; Xiaoliang Tang; Jingling Ren; Jing Zhang; Wang Daoru
- 9) Sources, transformation and fate of particulate amino acids and hexosamines under varying hydrological regimes in the tropical Wenchang/Wenjiao Rivers and Estuary, Hainan, China.  
Daniela Unger; Lucia S. Herbeck; Min Li; Hongyan Bao; Ying Wu; Jing Zhang; Tim Jennerjahn
- 10) Metabolic acclimatization of *Porites lutea* to anthropogenic impact along the NE coast of Hainan Island, South China Sea.  
Cornelia Roder; Zhongjie Wu; Claudio Richter; Jing Zhang
- 11) Effluent, nutrient and organic matter export from shrimp and fish ponds causing eutrophication in coastal and back-reef waters of NE Hainan, tropical China.

- Lucia S. Herbeck; Daniela Unger; Ying Wu; Tim C. Jennerjahn
- 12) Biogeochemistry of nutrients in an estuary affected by human activities: The Wanquan River estuary, eastern Hainan Island, China.  
Ruihuan Li; Sumei Liu; Guiling Zhang; Jingling Ren; Jing Zhang
- 13) Estuarine modification of dissolved and particulate trace metals in major rivers of East-Hainan, China.  
Jun Fu; Xiao-Liang Tang; Jing Zhang; Wolfgang Balzer
- 14) Land-Sea Interactions at the East Coast of Hainan Island, South China Sea: A synthesis.  
Jing Zhang, Dao Ru Wang, Tim Jennerjahn, Larissa Dsikowitzky

### A3 Kurzfassungen der erschienenen Einzelpublikationen

#### 1) A cheap and rapidly built bottom water sampler for shallow-water environments

Krumme U, Zheng Y, Wang TC, 2010

Asian Journal of Water, Environment and Pollution. 7(4), 117-120

**Abstract** We present a bottom water sampler made of a plastic bottle, a weight, and four pieces of rope which can be operated by one person from any working platform in shallow-water environments. The measurements of our sampler were equal to those taken with a Niskin bottle. The water sampler was operational in tidal currents up to 0.6 ms<sup>-1</sup> and may be used in water at least 10 m deep.

#### 2) From food to feed: assessment of the stationary lift net fishery of East Hainan, northern South China Sea

Krumme U, Wang TC; Wang DR, in press

Continental Shelf Research.

**Abstract** In the Asia-Pacific region, the increasing demand for low value/trash fish as feed for mariculture drives unsustainable fisheries on already overexploited marine resources. The mariculture demand may also affect artisanal nearshore fisheries operating in shallow nursery grounds, e.g. lift net fisheries, but little is known about how they work. We describe the stationary lift net artisanal fishery on the East coast of Hainan Island (northern South China Sea). A trapezoidal blanket net (mean surface area: 478 m<sup>2</sup>), stretched between four upright poles at the corners, is lowered and lifted via a rope system from a tower by a single fisher. In 2009 ~200 households depended on 288 lift nets, 82 % of which were located in the Wenchang/Wenjiao estuary. The number of lift nets decreased by 16% from 2007 to 2009. Presently, it is mainly an early retirement activity of fishers with a median age of 52 years and younger men rarely enter the fishery due to low catch rates. However, not one fisher would stop fishing even at 50% hypothetical decline in catch - due to lack of alternatives. Mean catch weight per fishing day is 12 kg (range: 0-1.7 t). In the past, the entire catch was used as food. Presently, an average of 52% of the catch is sold as feed to local pond and floating net cage mariculturists who, subsequently, supply the live food trade to markets as far as Hong Kong. Larger dead fishes are sold at village markets or at Qinglan harbor and are locally or regionally consumed. The density of lift-net operation is highest around the Wenchang/Wenjiao lagoon due to the presence of an extensive sheltered, shallow subtidal area in proximity to mariculture and export markets in Qinglan. Thus, the modern mariculture demand for low value/trash fish supports the continuation of an ancient artisanal fishery despite severe resource depletion. The existence of similar lift nets in Vietnam points to an exchange in the artisanal fishing knowledge between Vietnam and Hainan. Additionally, interviews with lift-net fishers provided valuable information on historical changes in the lagoon system (e.g. mangrove loss, sedimentation, pollution, interaction with other fishing activities), and suggest that the summer fishing moratorium of the offshore fleet leads to increased fishing pressure on inshore resources by artisanal fisheries. In conclusion, we provide suggestions for management of the inshore water resources and their artisanal fisheries.

### 3) The influence of meteorological variation on the upwelling system off eastern Hainan during summer 2007–2008

Su J, Wang J, Pohlmann T, Xu DF, 2011

Ocean Dynamics, 61(6), 717-730

**Abstract** The influence of meteorological variation, i.e., typhoon and precipitation events, on the coastal upwelling off the eastern Hainan Island was studied based on observations taken during two upwelling seasons. The observations were made in August 2007 and July 2008, respectively. We found that, in principle, similar structure of sea surface temperature and bottom temperature prevailed in both observational periods, providing evidence that upwelling events occur frequently during the summer monsoon along the eastern Hainan shelf. Based on a simple momentum balance theory, we studied the balances between momentum fluxes, wind stress, and bottom stress. The results showed that the Burger number is  $S \approx 1$ , indicating that the crossshelf momentum flux divergence was balanced by the wind stress and the onshore return flow occurred in the interior of the water column. Hence, a conceptual model of the upwelling structure was built for further understanding of upwelling events. In addition, it was also observed that variations in the strength of upwelling are controlled by storm events, i.e., strong northerly winds change the structure of the thermocline on the shelf significantly. The strong mixing caused by wind reduces the strength of the thermocline, in particular in coastal seas. Based on our conceptual model, a frontal zone between mixed coastal water and offshore water develops which destabilizing the water column and hence decreases the upwelling strength. Freshwaters from the two main rivers in the Wenchang Bay are confined to the coastal area less than 20–30m deep, as confirmed by our water mass analysis. Freshwater discharge stabilized the water column, inhibiting the upwelling as shown by the potential energy calculation. Consequently, estuarine water only inhibits the upwelling in the near coastal area. Therefore, it can be concluded that estuarine water does not have a significant impact on upwelling strength on the shelf.

### 4) A western boundary upwelling system response to recent climate variation (1960–2006)

Su J, Xu M, Pohlmann T, Xu D, Wang D, in press

Continental Shelf Research

**Abstract** In this paper, it was hypothesized that coastal upwelling increases in western boundary current influenced regions due to global warming. A state-space decomposition of the alongshore wind stress time-series exhibited an intensification during the “upwelling season” in the last 20 years (1988–2008), which agrees well with the above hypothesis. However, when applying the same decomposition to a temperature time-series at Qinglan station (located at the eastern Hainan coast) over the past 50 years (1960–2006), a negative trend was found. This indicates that the simple relation between alongshore wind stress and upwelling strength is not valid in the study area, but that other non-local factors might influence the inter-annual variability of the upwelling significantly. To identify these possible non-local effects, results of a model simulation were analyzed. From these model data an acceptable relationship between the non-locally driven western boundary current and the strength of the upwelling can be inferred. Furthermore, an “SST (sea surface temperature) upwelling index” was

introduced, calculated by the simulated offshore–onshore temperature difference. This index exhibits a good correlation with the Qinglan “observational upwelling time-series”, demonstrating that the latter is a good indicator of the upwelling trend. Finally, it is shown that inter-annual oscillations of employed temperature records correlate well with the El Niño signal.

### **5) Arsenic in solution, colloidal and particulate phases of East-Hainan estuaries**

Balzer W, Boehler E, Tang X-L, Ren J, Zhang J, Wang D, in press

Continental Shelf Research

**Abstract** During two nominal dry seasons (December 2006, March 2009) and two wet seasons (July 2007, July/August 2008) the estuarine distribution and size speciation of arsenic was studied in the Wanquan river and the Wenchang/Wenjiao river estuaries, located in tropical East-Hainan (China). Arsenic in solution and in colloidal fractions was analyzed by anodic stripping voltammetry after oxidative UV digestion thereby including inorganic As(III) and As(V) as well as organic As forms. Particulate As was determined by high-resolution ICP-MS after a microwave assisted total decomposition protocol. Taking the two relatively similar estuaries and the two expeditions for each season together, the average concentrations of total dissolved As ( $< 0.4 \mu\text{m}$ ; td-As) of the freshwater endmember were 4.4 nM and 7.6 nM during the dry and the wet seasons, respectively, which suggests a low - if ever - level of contamination. With one exception (uptake by phytoplankton in the lower estuary), during the dry season td-As increased essentially conservatively along the salinity gradient to 14.4 nM as the mean value for salinities of about  $S = 30$ . During the wet seasons, however, td-As only showed a tendency for a conservative increase; scatter in the data was attributed primarily to heavy rain and side inputs of variable As concentrations from overflowing aquaculture ponds and piles of excavated soil. The separation of colloidal fractions revealed that on average 89 % of td-As remains in solution ( $< 5 \text{ kDa}$ ), followed by 13 % in small colloids (5 kDa to 30 kDa) and 5 % in large colloids (30 kDa to  $0.4 \mu\text{m}$ ). Particulate As ( $0.24 \pm 0.06 \mu\text{mol/g}$ ) showed no dependence on either salinity, suspended particles, estuary or season. Relatively high distribution coefficients ( $\log K_D = 4.48 - 4.81$  in the freshwater;  $\log K_D \sim 4.18$  at high salinities) arose primarily from the very low td-As. Except for certain impacts from aquaculture ponds, the two estuaries might be considered uncontaminated with respect to As.

### **6) Typhoon-induced precipitation impact on nutrient and suspended matter dynamics of a tropical estuary affected by human activities in Hainan, China**

Herbeck LS, Unger D, Krumme U, Liu SM, Jennerjahn T, 2011

Estuarine Coastal and Shelf Science 93: 375-388

**Abstract** Typhoons regularly hit the coasts along the northern South China Sea during summer monsoon. However, little is known on the effects of typhoon-related heavy precipitation on estuarine dynamics and coastal ecosystems. We analyzed physico-chemical characteristics, and concentrations and composition of dissolved and suspended matter in the Wenchang/Wenjiao Estuary (WWE) on the tropical island of



Hainan, China, prior to and after typhoon Kammuri in August 2008. Before the typhoon, the estuary displayed vertical and horizontal gradients. High nutrient inputs from agriculture and widespread aquaculture were to a large extent converted into biomass inside the estuarine lagoon resulting in low export of nutrients to coastal waters and a mainly autochthonous origin of total suspended matter (TSM). Heavy typhoon-associated precipitation increased river runoff, which moved the location of the estuarine salinity gradient seaward. It resulted in an export of dissolved and particulate matter to coastal waters one day after the typhoon. Dissolved nutrients increased by up to an order of magnitude and TSM increased approximately twofold compared to pre-typhoon values. Lower  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  and elevated C/N ratios of TSM together with lower chlorophyll a (chl a) concentrations indicated an increased contribution of terrestrial material originating from typhoon-induced soil erosion. Local uptake of excess nutrients inside the lagoon was inhibited because of reduced water transparency and the lack of phytoplankton, which had been washed out by the initial freshwater pulse. Two weeks after the typhoon, TSM concentration and composition had almost returned to pre-typhoon conditions. However, physico-chemical properties and nutrients were still different from pre-typhoon conditions indicating that the estuarine system had not fully recovered. Unusually high chl a concentrations in the coastal zone indicated a phytoplankton bloom resulting from the typhoon-induced nutrient export. The typhoon-induced flushing of the WWE resulted in hyposalinity, reduced water transparency, siltation, as well as temporary eutrophication of coastal waters. These are physiological stressors, which are known to impair the performance of adjacent seagrass meadows and coral reefs. The predicted increase in typhoon frequency and intensity will lead to a frequently recurring exposure of coastal ecosystems to these threats, particularly in the South China Sea region where aquaculture is widespread and tropical cyclone frequency is at a maximum.

### **7) The impact of anthropogenic activities on nutrient dynamics in the tropical Wenchanghe and Wenjiaohe Estuary and Lagoon system in East Hainan, China**

Liu SM, Li RH, Zhang GL, Wang DR, Du JZ, Herbeck LS, Zhang J, Ren JL, 2011

Marine Chemistry 125: 49-68.

**Abstract** Biogeochemical observations were carried out in the Wenchanghe and Wenjiaohe Estuary, Bamen Bay and Gaolong Bay during 2006-2009 to understand the nutrient dynamics of these areas and their relationship with the sustainability of the ecosystems in the coastal areas of Eastern Hainan Island and its adjacent South China Sea. Nutrients in river/estuary waters, groundwater, aquaculture effluents and rainwater samples were analyzed using spectrophotometry. Nutrient levels in the tropical Wenchanghe and Wenjiaohe show a wide range of variation depending on the system, nutrient element and season. These two rivers are enriched with DIN and depleted in  $\text{PO}_4^{3-}$  with the DIN: $\text{PO}_4^{3-}$  ratios varied from 60 to 411. In the rivers, TDP was mainly composed of DOP, representing ~65%. DON accounted for 40% of TDN in the Wenchanghe and 76% of that in the Wenjiaohe. Dissolved silicate levels in the Wenjiaohe and Wenchanghe were lower than average levels in tropical systems. Nutrients in the Wenchanghe and Wenjiaohe Estuary behave either conservatively or non-conservatively depending on the element being considered and the season. Based on observations of nutrients in various aquatic environments, a simple steady-state mass-balance box model was employed to assess nutrient budgets in the estuary system. Nutrients in the studied system were mostly from riverine input, groundwater

discharge and aquaculture effluents. The nutrients exported in the studied system are largely confined to the immediate estuaries. The typhoon-induced runoff of terrestrial rainwater can not only increase nutrient inputs to the coastal ecosystem but can also result in nutrient imbalance, affecting phytoplankton production and composition.

#### **8) Sources, transformation and fate of particulate amino acids and hexosamines under varying hydrological regimes in the tropical Wenchang/Wenjiao Rivers and Estuary, Hainan, China**

Unger D, Herbeck LS, Li M, Bao H, Wu Y, Zhang J, Jennerjahn T, in press.

Continental Shelf Research.

**Abstract** The small tropical Wenchang and Wenjiao Rivers on the island of Hainan, tropical China, are affected by effluents from municipal sewage, aquaculture and agriculture and by contrasting hydrological regimes related to monsoon and tropical storms. In order to obtain information on the sources, transformation and fate of organic matter (OM) we investigated the amount and composition of amino acids and hexosamines as well as the carbon isotope composition in suspended particulate matter (SPM) from the Wenchang/Wenjiao Estuary. SPM was collected along the salinity gradient starting from the river sites, along the lagoon-shaped Bamen Bay to coastal waters during four sampling campaigns between 2006 and 2009. SPM concentrations ranged between 4.7-58.2 mg L<sup>-1</sup>. Apart from highest values after heavy rain events in spring and summer, SPM showed little seasonal variation, but increased with salinity. From SPM POC% (1.2-20.9%), C/N (4.9-16.5),  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  (-31.5 to -19.5‰), the molar composition and content of amino acids and hexosamines (8.2-156.2 mg g<sup>-1</sup> dry weight) and by comparison with sediments, mangroves, soils and plants we are able to show that soil-derived material, freshwater plankton and marine plankton were the major sources of suspended OM. High POC and amino acid contents were related to primary production sustained by dissolved nutrients to a large extent stemming from municipal and aquaculture effluents. Principal component analysis showed that the suite of biogeochemical parameters measured clearly depicts the terrestrial vs. marine origin and the freshness/reactivity of OM. The four groups of samples resulting from cluster analysis were basically related to varying hydrological regimes. With respect to the sources, degradation and fate of particulate OM the major factors were: (i) the year round input of labile, amino acid rich riverine OM matter at the freshwater dominated sites, (ii) high input of degraded soil OM after heavy rains with dispersal throughout the estuary and export to the adjacent coastal area, (iii) significant production of labile marine OM especially during summer inside the bay and the (iv) dominance of refractory marine OM during winter and spring season and in the offshore region. While a major part of the fresh OM fueled by anthropogenic nutrients appears to be stored or recycled, inside the bay, periodic torrential rainfalls can lead to a pulsed export of this OM to the coastal area where it may adversely affect seagrass meadows and coral reefs.

### 9) Effluent, nutrient and organic matter export from shrimp and fish ponds causing eutrophication in coastal and back-reef waters of NE Hainan, tropical China

Herbeck LS, Unger D, Wu Y, Jennerjahn TC, in press.

Continental Shelf Research

**Abstract** Global aquaculture has grown at a rate of 8.7% per year since 1970. Particularly along the coasts of tropical Asia, aquaculture ponds have expanded rapidly at the expense of natural wetlands. The objectives of this study were (i) to characterize the extent and production process of brackish-water pond aquaculture at the NE coast of Hainan, tropical China, (ii) to quantify effluent and organic carbon, nitrogen and phosphorus export from shrimp and fish ponds and (iii) to trace their effect on the water quality in adjacent estuarine and nearshore coastal waters harbouring seagrass meadows and coral reefs. During two expeditions in 2008 and 2009, we determined dissolved inorganic nutrients, dissolved organic carbon (DOC) and dissolved organic nitrogen (DON), chlorophyll *a* (chl *a*) and particulate organic matter (POM) in aquaculture ponds, drainage channels and coastal waters in three areas varying in extent of aquaculture ponds. From the analysis of satellite images we calculated a total of 39.6 km<sup>2</sup> covered by shrimp and fish ponds in the study area. According to pond owners, there is no standardized production pattern for feeding management and water exchange. Nutrient and suspended matter concentrations were high in aquaculture ponds and drainage channels, but varied considerably. The calculated annual export of total dissolved nitrogen (TDN) and particulate nitrogen (PN) from pond aquaculture into coastal waters was 612 and 680 t yr<sup>-1</sup>, respectively. High concentrations of dissolved inorganic nitrogen (DIN), phosphate and chl *a* at the majority of the coastal stations point at eutrophication of coastal waters, especially close to shore. Coastal eutrophication driven by the introduction of untreated aquaculture effluents may be especially harmful in back-reef areas, where estuarine retention and mixing with open ocean water is restricted thus threatening seagrasses and corals.

#### A4 Kurzfassungen der eingereichten Einzelpublikationen

##### 1) Tide- and rainfall-induced variations of physical and chemical parameters in a mangrove-depleted estuary of East Hainan (South China Sea)

Krumme U, Herbeck LS, Wang TC

Marine Environmental Research, (revidierte Version1 eingereicht im April 2012)

**Abstract** The estuarine dynamics favoring the coexistence of mangroves, seagrass and corals at small river mouths are often poorly understood. We characterize the tidal, day/night and rainfall-induced short-term dynamics in salinity, pH, dissolved oxygen (DO), chlorophyll a (chl a), total suspended matter (TSM), water transparency, surface currents and dissolved nutrients ( $\text{NO}_x^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Si}(\text{OH})_4$ ) of the Wenchang/Wenjiao Estuary (East Hainan, tropical China). Samples were taken at three fixed sites along the estuary during 24 hour spring tide cycles in different seasons. Salinity, DO, water transparency and pH generally increased seawards while nutrients decreased. All parameters varied with the tidal cycle, partially in interaction with the diel cycle. Nutrients, chl a and TSM usually fluctuated inversely with water level. Stratification was strong. Inflowing bottom water was of higher salinity, DO and pH and lower temperature and nutrient concentrations than the surface water. Tidal mixing provided regular ventilation of the estuary and limited eutrophication effects of nutrients from aquaculture, agriculture and urban effluents. Under dry weather conditions, the brackish-water lagoon functioned as a sink of nutrients due to efficient uptake by phytoplankton. Presently, the runoff from common intense rains in the watershed affects the estuary with little time delay due to terrestrial deforestation, channelization and loss of mangrove area. The frequency, strength and duration of intermittent estuarization of the back-reef areas have likely increased in the past and deteriorate present seagrass and coral health.

##### 2) Phytoplankton assemblages and their relationship to the monsoon dynamics at the east coast fringing reefs of Hainan Island

Li Y, Zhang J, Wang DR, Su J

**Abstract** The understanding of relationship between phytoplankton assemblages and hydrographic conditions is of fundamental importance in the subject of marine ecosystem. We investigated their interaction based on two cruises in different monsoon regimes off the eastern Hainan Island coast (the southwest monsoon (SWM) cruise 2008 and the northeast monsoon (NEM) cruise 2009). The observational area covered three regions: the east coast fringing reefs (EFR), shelf water (as the marine end-member of the EFR) and two brackish water systems (Bamen Bay and Wanquan River Estuary, as the riverine end-member of the EFR). We aim to understand the difference of phytoplankton assemblages between the EFR and its two end-members (shelf water and brackish water), as well as its relationship to the monsoon-driven coastal circulations. In SWM cruise 2008, runoffs of brackish waters were too low to form the distinct plumes at the shelf water, and hydrographic conditions of the EFR was dominated by the wind-induced upwelling. Phytoplankton standing stocks of the whole study area roughly showed a gradient from brackish waters (mean  $504.1 \times 10^3$  cells  $\text{L}^{-1}$  and  $70.1 \mu\text{g C L}^{-1}$ ) to shelf water (mean  $2.9 \times 10^3$  cells  $\text{L}^{-1}$  and  $1.5 \mu\text{g C L}^{-1}$ ). Furthermore, phytoplankton

standing stocks of the EFR (mean  $35.2 \times 10^3$  cells  $L^{-1}$  and  $5.1 \mu\text{g C L}^{-1}$ ) was about 50% under one of the nearshore shelf water (mean  $72.3 \times 10^3$  cells  $L^{-1}$  and  $10.0 \mu\text{g C L}^{-1}$ ) in the coastal area influenced by upwelling, although diversity index in both regions were similar ( $H_u = 2.2$ ,  $H_b = 2.5$ ). Dominant species of brackish waters (*Merismopedia glauca*, *Gymnodinium sanguineum* and *Leptocylindrus danicus*) decayed seawards along the salinity gradient, however, dominant species in the nearshore shelf water and the EFR (*Pseudo-nitzschia* sp. and *Thalassionema nitzschioides*) are the same. In NEM cruise 2009, the plumes at the shelf water were weak, and hydrographic conditions of the EFR were under the influence of the Guangdong Coastal Current (GCC) characterized by cold and low salinity water. We found a frontal system between the GCC and shelf water covering the EFR. We examined a gradient of phytoplankton abundances from brackish waters (mean  $151.8 \times 10^3$  cells  $L^{-1}$ ) to offshore shelf water (mean  $0.5 \times 10^3$  cells  $L^{-1}$ ). Moreover, we found that the EFR exhibited the highest carbon biomass (mean  $827.9 \mu\text{g C L}^{-1}$ ) and the lowest diversity index ( $H_u = 1.2$ ,  $H_b = 0.7$ ) of the whole study area. The EFR shared the same dominant species (*Noctiluca scintillan* and *Trichodesmium erythraeum*) with the nearshore shelf water other than brackish waters, resembling NEM cruise. In addition, we observed a floating-like and large-celled dinoflagellate *N. scintillan* bloom at the front-covered EFR. We concluded that, due to lacking of the impacts of potent estuary plumes, the phytoplankton composition of the EFR was mainly determined by the phytoplankton assemblages of the monsoon-related coastal circulations (i.e., the diatom-dominant phytoplankton assemblages of the coastal upwelling in the SWM and the dinoflagellate-dominant phytoplankton assemblages of the GCC in the NEM).

### 3) Estuarine modification of dissolved and particulate trace metals in major rivers of East-Hainan, China

Fu J, Tang X-L, Zhang J, Balzer W

Continental Shelf Research, accepted by handling guest editor and managing guest editor, not yet by the editor-in-chief)

**Abstract** Dissolved and particulate cadmium, copper, iron, lead, cobalt and nickel were analyzed in surface waters of the Wanquan River estuary and the Wenchang/Wenjiao River estuary in East-Hainan Island during the dry season (December 2006) and two wet seasons (August 2007 and July/August 2008). A major difference to other Chinese rivers was the very low concentration of suspended particles in these tropical Hainan estuaries. In the dissolved phase, a positive deviation from the theoretical dilution line was observed for Cd during different expeditions. Dissolved Cu and Ni essentially behaved conservatively, while Fe, Pb and partly also Co correlated in their negative deviation from simple mixing. Strong seasonal variability was observed only for dissolved Fe, Pb and Cd: sorption by the much higher loading with suspended particles during the dry season lead to a strong lowering of dissolved Fe and Pb, while the opposite was observed for dissolved Cd. In both estuaries all six metals in particulate form showed almost constant values with a tendency for slight decreases along the salinity profile. The normalization to particulate Al revealed some specific particle properties during the different expeditions. The dynamics of Fe chemistry dominated the distribution of Pb in all forms. The distribution coefficients  $K_D$  showed a general decrease in the order  $\text{Fe} > \text{Pb} > \text{Co} > \text{Ni} > \text{Cu} \approx \text{Cd}$ . There was no "particle concentration effect"; rather the  $K_D$ 's of Fe and Pb exhibited slightly positive correlations with the suspended particle loadings.

Elevated concentrations levels in the Wenchang/Wenjiao river estuary, especially during the wet season 2008, were ascribed to diffuse inputs from aquaculture ponds which girdle the upper estuary. In comparison to major Chinese rivers, the tropical Hainan estuaries ( $S > 0$ ) showed similar levels for Cd, Cu, Pb, Co and Ni in particles and solution, while Fe was enriched in both matrices. On a global scale, neither in the Wanquan river estuary nor in the Wenchang/Wenjiao river estuary significant trace metal contamination was observed.

#### **4) Dispersal and impact of aquaculture pond effluents along back-reef waters traced by nitrogen stable isotopes ( $\delta^{15}\text{N}$ ) and phytoplankton bioassays**

Herbeck LS, Unger D, Jennerjahn TC

Marine Ecology Progress Series

**Abstract** Despite enormous aquaculture growth in recent years, little is known on the impact of effluents from large-scale pond agglomerations on tropical coastal ecosystems. Aim of this study was to evaluate the dispersal and ecological impact of effluents from fish and shrimp ponds along three seagrass-covered back-reef areas on Hainan Island, tropical China, with pond areas in their hinterland differing in extent (Yelin: 0.04 km<sup>2</sup>; Qingge: 2.4 km<sup>2</sup>; Changqi 8.7 km<sup>2</sup>). Concentrations of dissolved and particulate nitrogen, chlorophyll a (chl a) and stable nitrogen isotopes of ammonium ( $\delta^{15}\text{N-NH}_4^+$ ), nitrate ( $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ ) and suspended matter ( $\delta^{15}\text{N-TSM}$ ) were used to trace pond effluents along transects perpendicular to the shore. Additionally,  $\delta^{15}\text{N-TSM}$  and chl a samples were taken from a phytoplankton bioassay experiment, during which offshore surface water was incubated in dialysis bags at stations along these transects. High nutrient concentrations, particularly ammonium, in combination with high chl a ( $\sim 10 \mu\text{g L}^{-1}$ ) and elevated chl a levels in the bioassays after incubation indicate eutrophication of the effluent-exposed back-reef areas Qingge and Changqi with decreasing intensity towards offshore.  $\delta^{15}\text{N-NH}_4^+$  in pond effluents reported for the first time was extremely high ( $\sim 17\text{‰}$ ). Consequently, elevated  $\delta^{15}\text{N}$  values in TSM (5-12‰) and a  $\delta^{15}\text{N}$  increase from  $<7\text{‰}$  up to 14‰ over time in the phytoplankton bioassays specified pond effluents as predominant nutrient source affecting the entire back-reef areas, exceeding a distance of 2.5 km from the shore. Analysis of  $\delta^{15}\text{N}$  in phytoplankton bioassays was identified as a powerful bioindicator for tracing pond-derived nutrient dispersal and eutrophication effects, which may lead to degradation of valuable coastal habitats.

#### **5) The impact of land-use change on the organic matter in estuarine tidal flat sediments over the last 100 years in NE Hainan Island, China**

Bao H, Wu J, Unger D, Herbeck LS, Du J, Sun Y, Zhang J

Continental Shelf Research

**Abstract** A sediment core was collected from an estuarine tidal mudflat off a mangrove area to study the impact of land-use change on sedimentary organic matter (OM) in Hainan Island, South China. Bulk properties (organic carbon (OC%), total nitrogen (TN%), stable carbon isotopes ( $\delta^{13}\text{C}$ ) and stable nitrogen isotopes ( $\delta^{15}\text{N}$ )) as well as biomarkers (amino acids (AAs) and lignin phenols) were used to trace the sources of

OM. OC% was approximately 0.6% and TN% was approximately 0.06%. The molar ratio of organic carbon and total nitrogen (C/N ratio) was 11-17 and the  $\delta^{13}\text{C}$  values ranged from -23‰ to -25‰, which suggested a mixture of aquatic OM and plant tissues. The ratio of AAs to lignin phenols (AAs/lignin) also confirmed that aquatic OM must be considered as an important source of OM. Lower C/N and elevated  $\delta^{15}\text{N}$  in the upper core was caused by the increased OM input from aquaculture ponds and/or sewage during recent decades. The higher degree of lignin phenol degradation and its lower concentrations in the upper sediment core suggests reduced input of OM from fresh plant tissue. A three end-member model based on  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  quantified the contribution of OM from each source (i.e., mangrove plants, marine phytoplankton and aquaculture ponds). The results revealed a growing input from aquaculture ponds and a decreasing input from mangrove plants over the past 40 years. This finding is consistent with the land-use change in the study area over the past decades.

## 6) Biogeochemical behavior of organic carbon in a small tropical river/estuary, Hainan

Wu Y, Bao H, Unger D, Herbeck LS, Zhu ZY, Zhang J, Jennerjahn T

Continental Shelf Research

**Abstract** The biogeochemistry of a small tropical river and estuary (Wanquan River (WQR)) in Hainan, China, was studied in order to obtain information on the sources, transformation and fate of riverine organic matter. Water and total suspended matter (TSM) were sampled along a salinity gradient during four campaigns in December 2006, August 2007, July-August, 2008 and April 2009 (i.e. base water level versus floods). We were able to observe the effect of heavy precipitation associated with the tropical cyclone Kammuri (2008) and a strong first rain event (2009) on the export of organic carbon. Both dissolved organic carbon (DOC) and particulate organic carbon (POC) generally decreased with increasing salinity in the estuary with minimal seasonal or annual variations. POC concentrations were in the range of 18-178  $\mu\text{M}$  for the WQR and were significantly correlated with chlorophyll *a* concentrations. Higher concentrations of POC and DOC were observed in the river and lagoon samples. Highest average values of DOC (~190  $\mu\text{M}$ ) were observed in 2009, which could be the result of flushing of first rain. In the high salinity zone, in situ productivity could be important source for DOC.  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  values of particles (from -29.5‰ to -23.2‰) combined with the ratio of organic carbon to total nitrogen (OC/TN) reflect a mixture of terrestrial organic matter and in situ production. The amplitude of POC and DOC variations on the occasion of the first rain event of 2009 were larger than those observed during Kammuri. It is estimated that 29.8  $\text{t day}^{-1}$  of DOC and 10.4  $\text{t day}^{-1}$  of POC, making up 6-10% of the annual loads, were delivered to the coast during the 10-days period of the first flush event in 2009. Our results demonstrate the important role of short-term aperiodic events on small rivers and estuaries along tropical coasts.

## A5 Tagungsbeiträge

### 1) The influence of meteorological variation on the upwelling system off eastern Hainan

ICES-Tagung, Danzig, Polen, 2011

Su J, Wang J, Pohlmann T, Xu DF

**Abstract** The influence of meteorological variation, i.e., typhoon and precipitation events, on the coastal upwelling off the eastern Hainan Island was studied based on observations taken during two upwelling seasons. The observations were made in August 2007 and July 2008, respectively. We found that, in principle, similar structure of sea surface temperature and bottom temperature prevailed in both observational periods, providing evidence that upwelling events occur frequently during the summer monsoon along the eastern Hainan shelf. Based on a simple momentum balance theory, we studied the balances between momentum fluxes, wind stress, and bottom stress. The results showed that the Burger number is  $S \approx 1$ , indicating that the crossshelf momentum flux divergence was balanced by the wind stress and the onshore return flow occurred in the interior of the water column. Hence, a conceptual model of the upwelling structure was built for further understanding of upwelling events. In addition, it was also observed that variations in the strength of upwelling are controlled by storm events, i.e., strong northerly winds change the structure of the thermocline on the shelf significantly. The strong mixing caused by wind reduces the strength of the thermocline, in particular in coastal seas. Based on our conceptual model, a frontal zone between mixed coastal water and offshore water develops which destabilizing the water column and hence decreases the upwelling strength. Freshwaters from the two main rivers in the Wenchang Bay are confined to the coastal area less than 20 - 30m deep, as confirmed by our water mass analysis. Freshwater discharge stabilized the water column, inhibiting the upwelling as shown by the potential energy calculation. Consequently, estuarine water only inhibits the upwelling in the near coastal area. Therefore, it can be concluded that estuarine water does not have a significant impact on upwelling strength on the shelf.

### 2) Eutrophication of seagrass-covered back-reef areas caused by pond aquaculture in tropical China: evidence from stable nitrogen isotopes

Herbeck LS, Unger D, Jennerjahn TC

ECSA 50 Conference, Venedig, Italien, 3.-7. Juni 2012

Oral presentation

**Abstract** Aquaculture has grown enormously in recent years with China being the largest producer world-wide. However, little is known on the amount and composition of effluents from large-scale pond agglomerations and their effects on tropical coastal ecosystems. We investigated how large-scale pond aquaculture on Hainan Island, tropical China, alters nutrient fluxes to coastal waters, and how these affect the health of coastal habitats. Effluent-related nutrient fluxes to seagrass-covered back-reef areas were measured at three sites with pond areas in their hinterland differing in extent (Yelin: 0.04 km<sup>2</sup>; Qingge: 2.4 km<sup>2</sup>; Changqi 8.7 km<sup>2</sup>). Surface water nutrient and chlorophyll a concentrations and species abundance, shoot density and epiphyte loads of seagrass meadows were determined in back-reef areas. Stable nitrogen isotopes ( $\delta^{15}\text{N}$ ) of



ammonium and of total suspended matter (TSM), seagrass leaves and phytoplankton bioassays were used to trace the dispersal and fate of pond-derived nitrogen. High fluxes and concentrations of nutrients, particularly ammonium, in combination with a high phytoplankton biomass and epiphyte load on seagrass leaves indicate eutrophication of the effluent-exposed back-reef areas Qingge and Changqi.  $\delta^{15}\text{N}$ -ammonium in pond effluents reported for the first time was extremely high ( $\sim 17\text{‰}$ ). Consequently, elevated  $\delta^{15}\text{N}$  values in TSM (5-12 $\text{‰}$ ) and seagrass leaves (5-9 $\text{‰}$ ) and a significant  $\delta^{15}\text{N}$  increase from  $<7\text{‰}$  up to 14 $\text{‰}$  over time in the phytoplankton bioassays specified pond effluents as predominant nutrient source affecting the entire back-reef areas of those sites over a distance of  $>2.5$  km from the shore. A much lower seagrass species abundance and shoot density at those pond-affected sites compared to the almost aquaculture-free Yelin indicate adverse growth conditions due to shading and reduced photosynthesis. Our study indicates that still increasing pond aquaculture has to be taken into account for global estimates of land-derived nutrient inputs into the ocean and as a direct threat to coastal ecosystem health.

### 3) Impact of Anthropogenic Activities on Nitrogen Transformation and Export in Two Contrasting River-Estuarine Systems in the Guangxi and Hainan Provinces, South China

Unger D, Kaiser D, Liu SM, Herbeck LS, Jennerjahn TC, Zhou H.

ECSA 50 Conference, Venedig, Italien, 3.-7. Juni 2012

Poster presentation

**Abstract** Chinese rivers and estuaries are heavily affected by nitrogen inputs from agriculture, urbanization and aquaculture. Against this background we compare the flux and composition of nitrogen in two contrasting river-estuarine systems: the (sub)tropical rivers Nanliu (Guangxi) and Wenchang/Wenjiao (Hainan). Both are affected by intense estuarine pond aquaculture and agriculture in the hinterland, but differ in drainage basin size and discharge (Nanliu: 9704 km<sup>2</sup>; 166 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>, Wenchang/Wenjiao: 903 km<sup>2</sup>; 20.7 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>). In order to evaluate the impact of anthropogenic activities on the river/estuary biogeochemistry we determined concentration and composition of dissolved inorganic nitrogen (DIN) and the stable nitrogen isotope composition ( $\delta^{15}\text{N}$ ) of nitrate and particulate nitrogen during dry and wet seasons for the rivers, estuaries and coastal waters. Average DIN concentrations in the Nanliu (wet season: 156.4  $\mu\text{M}$ , dry season: 186.5  $\mu\text{M}$ ) exceeded those in the Wenchang/Wenjiao (19.8-128.5  $\mu\text{M}$  during different seasons). Much higher DIN yields in the Nanliu ( $92.5 \times 10^3 \text{ mol km}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ) than in the Wenchang/Wenjiao ( $54.2 \times 10^3 \text{ mol km}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ) appear to result from a higher input of fertilizers from the larger Nanliu watershed. Much higher ammonium contributions to the riverine DIN in the Wenchang/Wenjiao (21 %) than in the Nanliu (5%), in turn, suggest higher contributions from sewage in Hainan. In both systems, however, aquaculture effluents contributed to an increase of ammonium contribution in estuarine relative to riverine waters. While DIN export from the lagoon-type Wenchang/Wenjiao estuary occurs almost exclusively during extreme discharge events, the open Nanliu constantly fertilizes coastal waters. High  $\delta^{15}\text{N}$  of nitrate and particulate nitrogen in both systems indicates intensive nitrogen transformation related to human activity regardless of DIN sources. Our results further show that the export of anthropogenic nitrogen to the coastal ocean does not only depend on the riverine nutrient loading but also on hydrology, estuarine morphology and retention capacity.

#### 4) Tropical cyclones driving export of anthropogenic nutrients into coastal seas: Impact of typhoon Kammuri on the estuarine biogeochemistry in NE Hainan, tropical China

Herbeck LS, Unger D, Krumme U, Liu SM, Jennerjahn TC

GV and Sediment Meeting, Hamburg, 23-28 September 2012

Oral Presentation

**Abstract** Typhoons regularly hit the coasts along the northern South China Sea during summer monsoon. However, little is known on how typhoon-related heavy precipitation affects the biogeochemistry of estuarine and coastal systems and how it changes the land-ocean matter transport. We analyzed physico-chemical characteristics, and concentrations and composition of dissolved and suspended matter in the Wenchang/Wenjiao Estuary (WWE) on the tropical island of Hainan, China, prior to and after a typhoon in August 2008. Geographically, the estuarine gradient is located in a shallow bay, where fringing mangroves have been converted to aquaculture ponds to a large extent. Before the typhoon, the estuary displayed vertical and horizontal gradients. High nutrient inputs from agriculture and widespread aquaculture were to a large extent converted into biomass inside the estuarine lagoon resulting in low export of nutrients to coastal waters and a mainly autochthonous origin of total suspended matter (TSM). The center of typhoon Kammuri made landfall near Hong Kong and passed the study area in a distance of approximately 200 km. Heavy precipitation (40-80 mm d<sup>-1</sup>) increased river runoff, which shifted the location of the estuarine salinity gradient seaward, and caused considerable alterations in ammonium, nitrate and nitrite concentrations. It resulted in an export of dissolved and particulate matter to coastal waters one day after the typhoon. Dissolved nutrients increased by up to an order of magnitude and TSM increased approximately twofold compared to pre-typhoon values. Altered amino acid composition, lower  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  and elevated C/N ratios of TSM together with lower chlorophyll a (chl a) concentrations indicated an increased contribution of terrestrial material originating from typhoon-induced soil erosion. Local uptake of excess nutrients inside the lagoon was inhibited because of reduced water transparency and the lack of phytoplankton, which had been flushed out by the initial freshwater pulse. Two weeks after the typhoon, TSM concentration and composition had almost returned to pre-typhoon conditions. However, physico-chemical properties and nutrients were still different from pre-typhoon conditions indicating that the estuarine system had not fully recovered. A considerable rise in chl a concentrations in the outer estuary from 1.4 to 19.9  $\mu\text{g L}^{-1}$  indicated a phytoplankton bloom resulting from the typhoon-induced nutrient export. The typhoon-induced flushing of the WWE resulted in hyposalinity, reduced water transparency, siltation, as well as temporary eutrophication of coastal waters. These are physiological stressors, which are known to impair the performance of adjacent seagrass meadows and coral reefs. The predicted increase in typhoon intensity may lead to an enhanced exposure of coastal ecosystems to these threats, particularly in the South China Sea region where aquaculture is widespread and tropical cyclone frequency is at a maximum.

## A6 Zusammenfassungen der Abschlussarbeiten

### 1) Coral Acclimatization to Disturbance

Cornelia Roder

Doktorarbeit, April 2010, Fachbereich 2, Biologie/Chemie der Universität Bremen

**Kurzfassung** Hohe Sediment- und exzessive Nährstoffeinträge, welche das Plankton- und Algenwachstum antreiben und die Wassersäule trüben, bestimmen maßgeblich die Qualität des Wassers in den Riffen entlang der Nordostküste Hainans. Die geringe Lichtzufuhr vermindert die Photosynthesefähigkeit der symbiontischen Algen, welche überwiegend zur Energieaufbringung des Korallenmetabolismus beitragen. Dennoch können Korallen auch zusätzliche Energie durch aktive Nahrungsaufnahme von Zooplankton oder partikulärem oder gelöstem organischen Material gewinnen. In dieser Studie wird der Anteil autotropher sowie heterotropher Nahrungsaufnahme durch die Bestimmung der Isotopensignatur des Kohlenstoffs von Wirt und Symbiont bestimmt und zusätzlich der Grad der Kopplung zwischen den Symbiosepartnern eingeschätzt. Des Weiteren werden potentielle Nahrungsquellen durch die Analyse der stabilen Stickstoffisotope von Alge und Korallentier ermittelt. Anhand der Kohlenstoff- und Stickstoffkonzentrationen und ihrer Verhältnisse in beiden Komponenten können überdies Aussagen über Quantität und Qualität der Biomasse von Koralle und Alge getroffen werden. Fünf Riffe entlang der Nordostküste Hainans wurden untersucht und Gewebeproben der häufigsten massiven Korallenart, *Porites lutea*, gesammelt, um ihren metabolischen Zustand zu untersuchen. Es wird evaluiert in welchem Maße der heterotrophe Nahrungsweg des Korallentiers die fehlende Photosynthesekapazität der symbiontischen Alge ausgleichen kann. Die Ergebnisse werden in Anbetracht der in den jeweiligen Riffen vorherrschenden Wasserqualität diskutiert.

### 2) Reconstruction of climate and environmental conditions as indicated by variations of skeletal parameters of a *Porites lutea* coral from east Hainan, South China Sea

Laura Lehnhoff

Diplomarbeit, Juli 2012, Fachbereich 2, Biologie/Chemie der Universität Bremen

**Kurzfassung** Die Umweltbedingungen, denen die Flachwasserkorallenriffe vor Hainan ausgesetzt sind, ändern sich mit dem Wandel von Landnutzung und Klima seit vielen Jahrzehnten. Die Rekonstruktion dieser Einflüsse, ihrer Wechselwirkungen und ihrer Auswirkungen liefert wichtige Hinweise auf mögliche zukünftige Entwicklungen der lokalen Riffe. In dieser Arbeit wird das Karbonat-Skelett einer massiven, tropischen *Porites lutea* Korallenkolonie zur Rekonstruktion verwendet, das ein äußerst sensibler Indikator für Umwelteinflüsse ist. Dabei zeigt sich eine mit der globalen Erwärmung zunehmende Wachstumsrate der Koralle während des letzten Jahrhunderts, die zusätzlich verstärkt ist während ENSO-Ereignissen. Die anhand der stabilen Sauerstoffisotope rekonstruierte Entwicklung der Salinität weist auf eine Zunahme seit 1950 hin, die mit einer klimatisch bedingten Verstärkung des nährstoffreichen Küstenauftriebs zusammenhängen könnte. Die Auswirkungen des Klimawandels (Erwärmung, Versauerung, Nahrungsangebot) scheinen in Kombination auf die untersuchte Koralle noch keinen negativen, wenn nicht sogar einen positiven Einfluss zu

haben. Die beobachtete zunehmende Degradation der lokalen Riffe scheint daher bisher in großem Maße durch Einflüsse von Land (Nährstoffe, Sedimenteintrag) und Überfischung verursacht sein. Die noch ausstehende Evaluierung der Skelettdichte und des organischen Landeintrages wird die Einschätzung der einzelnen Faktoren, die hier zusammenspielen, verbessern und Implikationen für das Küstenmanagement liefern.

### **3) Zeitliche und räumliche Dynamik der Fischgemeinschaft in der Wenchang-Bucht (Ost-Hainan, Südchinesisches Meer)\***

Tianci Wang

Diplomarbeit, November 2009, Fachbereich 2, Biologie/Chemie der Universität Bremen

**Zusammenfassung** Die vorliegende Studie beschreibt die zeitlichen und räumlichen Schwankungen in der Zusammensetzung der Fischgemeinschaft an drei Standorten im Wenchang-Ästuar (Kokosnussbucht, Shikan, Wenchang-Fluss) über 24 hs während zwei aufeinanderfolgenden Springtidenphasen der Sommermonsunperiode 2007. Zur Probenahme an allen drei Standorten wurden 2 parallel operierende chinesische Senkennetze verwendet (ca. 20 x 24 m, Maschenweite ca. 3 cm). Es wurden insgesamt 6205 Individuen aus 102 Nektonarten und 41 Familien gefangen. Dazu gehörten 62 Fischarten aus 27 Familien, 20 Krebsarten, 12 Granelenarten, Pfeilschwanzkrebse, Tintenfische und Schnecken. Die Fischgemeinschaften der einzelnen Standorte unterschieden sich in der Artenzusammensetzung, hatten aber im Allgemeinen ähnlich niedrige Fischdichten und Fischbiomassen. Die Fanganzahlen an der Kokosnussbucht wurden dominiert von Atherinidae (71%), gefolgt von Siganidae (10%). Die dominierenden Fischfamilien in Shikan waren Engraulidae mit 59%, gefolgt von Clupeidae (11%). Im Wenchang-Fluss dominierten Leiognathidae (36%), gefolgt von Ambassidae (27%). Die Fischgemeinschaften der einzelnen Standorte unterschieden sich in der Artenzusammensetzung, hatten aber im Allgemeinen ähnlich niedrige Fischdichten und Fischbiomassen. Die Biomasse des Wenchangästuars lag im Mittel bei 0.31 g/m<sup>2</sup>. Diese niedrige Biomasse ist ein starkes Signal für Überfischung. Das Nahrungsspektrum, welches sich zu 80.4% im Wenchang aus calanoiden Copepoden, Detritus und benthischen Invertebraten zusammengesetzt, weist ebenfalls darauf hin, dass das Wenchangästuar nicht gesund ist.

### **4) Ökologie der Rückriffzone der Südchinesischen Insel Hainan\***

Angela Scharfbillig

Diplomarbeit, Dezember 2009, Fachbereich 2, Biologie/Chemie der Universität Bremen.

**Zusammenfassung** Viele Rückriffzonen im Indo-Pazifik sind durch anthropogene Einflüsse wie Korallenabtragung, Dynamitfischen, Überfischung und Eutrophierung durch Aquakulturabwässer gefährdet. Da China einen der größten Absatzmärkte für Meersfrüchte darstellt, aber keine effektiven Fangbeschränkungen sowie Managementmaßnahmen zum nachhaltigen Schutz dieser Gebiet implementiert, sind die Rückriffzonen Osthainans einem besonders hohen anthropogenen Stress ausgesetzt. Obwohl die Rückriffzonen wichtige Aufwuchshabitate für die marine Fauna und somit auch eine ökonomische Grundlage der artisanalen Fischerei der Insel bilden, gibt es praktisch keine ökologischen Untersuchungen aus diesen Habitaten, die ihre

aktuellen Zustand verlässlich beschreiben können. Da die Zusammensetzung einer Lebensgemeinschaft ein wichtiger Indikator für den Zustand eines Ökosystems ist, wurde diese untersucht, um den Grad an anthropogenen Einflüssen in der Rückriffzone Osthainans darzustellen und Anregungen zu deren Schutz zu geben. Die Untersuchungen wurden von März bis April 2009 an zwei Standorten mit den beiden für Osthainan typischen Rückriffzonen (einmal strandnahes und einmal strandfernes Saumriff) durchgeführt. Fischtransektzählungen wurden verwendet, um die Diversität und Abundanz der Fischgemeinschaft in der Rückriffzone anhand dreier ausgesuchter Rückriffhabitats (inneres Seegras, äußeres Seegras und Korallenschotter) zu ermitteln. Ein Fischausschlussexperiment sollte Hinweise darüber geben, ob die niedrigen Abundanzen herbivorer Fische, die in einer Vorstudie 2008 registriert wurden, einen Effekt auf die Seegraswiese hatten. Isotopenanalysen an Nahrungsnetzkomponenten wurden benutzt, um zum einen Süßwassereinfluss ( $\delta^{13}C$ ) und zum anderen Verschmutzung durch nährstoffhaltigen Abwassereintrag ( $\delta^{15}N$ ) zu verdeutlichen. Niedrige Diversitäten und Fischabundanzen waren an beiden Standorten zu erkennen, wobei die Abundanzen sogar eine Größenklasse niedriger ( $\sim 0,3-0,7$  Fische/ $1m^2$ ) als in Untersuchungen ( $\sim 1-10$  Fische/ $1m^2$ ) aus vergleichbaren Gebieten im Indo-Pazifik waren. In den Transektzählungen wurden Piscivore nur in bedenklich geringer Anzahl und *Siganus canaliculatus* als einzige Herbivore mal gesehen. Der vorhandene Zustand der Fischgemeinschaft lässt auf „fishing down the marine foodweb“ schließen. Durch das Fischausschlussexperiment konnte gezeigt werden, dass die niedrigen Fischabundanzen dazu führten, dass die Seegraswiesen nicht mehr „top-down“ sondern „bottom-up“ reguliert waren. Dies unterstrichen die hohen, an beiden Standorten gemessenen Nährstoffwerte, die vor allem durch Aquakulturabwässer hervorgerufen wurden. Die Isotopenanalysen zeigten ebenfalls, dass die Ökosysteme an beiden Standorten zu einem im Vergleich zu anderen Studien alarmierend hohen Grad eutrophiert sind. Die Ergebnisse dieser Studie beweisen, dass sich Überfischung, Zerstörung der Saumriffe und Eutrophierung in einem besorgniserregend negativen Maß auf die Lebensgemeinschaft der Rückriffzone in Osthainan auswirken. Dies macht es erforderlich, rasch geeignete Maßnahmen zum nachhaltigen Schutz des Ökosystems einzuleiten. Jedoch ist die Realisierung dieses Unterfangens schwierig, da den Fischern in Osthainan bisher keine anderen ökonomischen Perspektiven neben dem Fischfang geboten werden.

##### **5) Variabilität des Phytoplanktons im tidenbeeinflussten Wenchangästuar, Ost-Hainan, Südchinesisches Meer**

Dominique Maier

Diplomarbeit, November 2010, Fachbereich 2, Biologie/Chemie der Universität Bremen.

**Zusammenfassung** Untersuchungen zur Kurzzeitdynamik ästuariner Phytoplanktongemeinschaften wurden bisher selten durchgeführt. Das gilt im Besonderen für tropische Küsten, wie z.B. die des südchinesischen Meeres (SCS). In der vorliegenden Arbeit wurden die tiden- und regeninduzierten Veränderungen der Phytoplanktongemeinschaft während der Springtide in einem mikrotidalen Ästuar an der Ostküste der chinesischen Insel Hainan, das von einem gemischten semi-diurnalen Tide gekennzeichnet ist, untersucht. Flächendeckende Teichanlagen entlang des Ufers sind die Ursache für einen stark dezimierten Mangrovenbestand. Der der Intermonsunphase im März/April 2009 wurden drei Dauerstationen entlang des ästuarinen Salzgehaltsgradienten im oligohalinen, mesohalinen und marinen Bereich des

Flussästuars eingerichtet, um den Einfluß der tideninduzierten Kurzzeitschwankungen auf die Zusammensetzung der Phytoplanktongemeinschaft zu untersuchen. Halbstündlich wurden an jeder Station Oberflächen- und Bodenwasserproben genommen, um abiotische Parameter (Temperatur, Salinität, pH, gelöster Sauerstoff, Secchitiefe und Strömungsgeschwindigkeit) zu messen. Proben für die Analyse von Phytoplankton, Chlorophyll a, TSM, und anorganischen, gelösten Nährstoffen (Nitrat, Nitrit, Ammoniumphosphat und Silikat) wurden alle drei Stunden genommen. Über 300 Arten des Mikro- und Nanophytoplanktons wurden aufgenommen. Obwohl Diatomeen mit 132 Arten die größte Gruppe bildeten, konnten ebenfalls 71 Dinoflagellatenarten, 49 Ciliaten- und Tintinnenarten und 36 Arten der Chlorophyta im Mikrophytoplankton gefunden werden. In seewärtig Richtung nahmen Salinität, DO, pH, und die Lichteindringtiefe sowohl im Boden- als auch im Oberflächenwasser zu. Temperatur, die Konzentration der gelösten Nährstoffe und des TSM nahmen in seewärtiger Richtung ab. Die Chlorophyll a – Konzentrationen folgten keinem Gradienten, da die Zusammensetzung der Phytoplanktongemeinschaft deutlich die Umweltbedingungen an den Stationen widerspiegelte. Die Probenahme an der oligohalinen Station war von starken Niederschlägen gekennzeichnet, wodurch die Plantkongemeinschaft von Süßwasserarten dominiert war. Die tideninduzierten Schwankungen an der mesohalinen Station führten durch Ebbdominanz während der Springtide mindestens einmal täglich zu einer Durchmischung des Wasserkörpers, wodurch die Biomasse von Diatomeen dominiert und von dem höchsten Anteil heterotropher Protisten gekennzeichnet war. Während der Trockenzeit war die marine Station von einer Silikatlimitierung während der Ebbe und einer Nitratlimitierung während der Flut gekennzeichnet, wodurch die Phytoplanktongemeinschaft von einer Silikat unabhängigen Coccolithophoridengemeinschaft dominiert war. Der einsetzende Regen führte zu einer Verschiebung der Brackwassermischzone in seewärtige Richtung, wodurch sich die Brackwasserlinse im Rückriffbereich der Küste bildete. Durch die exportierten Nährstoffe, die stratifizierte Wassersäule und den reduzierten tideninduzierten Fraßdruck durch benthische Filtrierer bildete sich eine Diatomeenblüte an der marinen Station. Starke Niederschläge führten zu der Überlagerung der tideninduzierten Wasserstandsschwankungen. Regenbeeinflusste Niedrigwasserproben waren von einer höheren Biomasse, jedoch nicht von einer unmittelbar höheren Diversität im Gegensatz zu Hochwasserproben, gekennzeichnet. Niederschläge führten zu signifikanten Veränderungen in der Kurzzeitdynamik des Flußästuars, wodurch es zu starken Veränderungen in der Zusammensetzung der Phytoplanktongemeinschaft und ihrer Biomasse kam. Vermutlich ist durch die starke Vermischung und asymmetrische semidiurnale Tide in der Lagune das Auftreten von Phytoplanktonblüten auf die Bereiche außerhalb der Lagune begrenzt.

## 6) Charakterisierung von Upwelling-Gebieten

Anja Schneeorst

Masterarbeit, Universität Hamburg

**Kurzfassung** Die Dynamiken verschiedener Upwelling-Gebiete wurden ausgiebig recherchiert, beschrieben und untersucht. Die sogenannte Burger-Zahl ( $B_u = \alpha N/f$ ), mit  $\alpha$  als Neigungswinkel,  $N$  als Brunt-Väisälä-Frequenz und  $f$  als Coriolisparameter, wurde als Vergleichskriterium auf die Upwelling-Regionen angewendet. Um die Burger-Zahl herleiten und anwenden zu können, wurde eine Publikation von Lentz und Chapman (2004) hinzu gezogen und das dort angewendete Modell vorgestellt. Fazit des Modell ist

es, dass kleine Burger-Zahlen,  $B_u \ll 1$ , zu einer kleinen küsten-normalen Impulsdivergenz und zu einem Gleichgewicht zwischen Bodenstress und Windstress führen. In diesem Fall findet die küstenwärtige Kompensationsströmung überwiegend in der Bodenschicht statt. Ist  $B_u$  nahezu eins oder größer,  $B_u \sim 1$ , so balanciert die küstennormale Impulsdivergenz den Windstress und der Bodenstress ist klein gegenüber dem Windstress. Die küstenwärtige Kompensationsströmung liegt zwischen Boden- und Oberflächenschicht, in der inneren Schicht. Im Falle von  $B_u = 2$  verschwindet der Bodenstress komplett. Das Verfahren von Lentz und Chapman (2004) wurde auf verschiedene Upwelling-Gebiete angewendet und ergab, dass besonders in Küstenupwelling-Regionen, wie Nordwestafrika und Oregon, die Burger-Zahl die Upwellingtiefen gut wiedergibt. Die Anwendung auf den offenen Ozean ist nur begrenzt möglich. Existieren aber im offenen Ozean starke Fronten, so könnte die Anwendung theoretisch realistische Ergebnisse liefern.

## 7) Festphasen-Speziation von Spurenelementen in Sedimenten und Schwebstoffen Ost-Hainans

Xiangjuan Yin

Bachelorarbeit, 2011, Fachbereich 2, Biologie/Chemie der Universität Bremen

**Zusammenfassung** Die Speziation von Spurenelementen in der Lösung wurde häufig untersucht. Nur selten wurde sie in Partikeln erforscht. Die vorliegende Arbeit beschreibt die Festphasen-Speziation von Kupfer in Sedimenten und Schwebstoffen Ost-Hainans (China). Die Proben wurden mit dem sequentiellen Extraktionsverfahren nach Tessier (1979) untersucht. Bei der Cu-Konzentrationsbestimmung wurde Graphitrohrföfen-Atomabsorptionsspektrometrie (GF-AAS) angewendet. Um das sequentielle Extraktionsverfahren zu beurteilen, wurden die Reproduzierbarkeit und die Massenbilanz bei der Untersuchung von Sediment bewertet. Die relative Standardabweichung bei jeder Fraktion ist kleiner als 10%. Die Wiederfindungen liegen zwischen 89,31% und 97,31%. Bei der Speziation von Kupfer in Sedimenten und Schwebstoffen ist die Cu-Konzentration stark abhängig von dem Probenahme-Ort. Wenn der Probenahme-Ort wenig Umweltbelastung hat, ist der Prozentanteil der Fraktion V (Rückstände-Fraktion) an der totalen Cu-Konzentration höher als 50%. In diesem Fall sind die Cu-Konzentrationen in Fraktion I, II und III (ionenaustauschbaren Fraktion, Karbonat-Fraktion und Eisen- und Mangan-Oxid Fraktion) kleiner als 2  $\mu\text{g/g}$ . In Fraktion IV (Assoziation mit organischem Material) liegt die Konzentration zwischen 4 und 10  $\mu\text{g/g}$  und in Fraktion V über 10  $\mu\text{g/g}$ . Wenn der Probenahme-Ort umweltbelastet ist, ist der Prozentanteil der Fraktion V unter 50% und die Cu-Konzentration in den anderen vier Fraktionen je nach der Verschmutzungsquelle erhöht. Außer der Speziation von Kupfer wurde auch der Zusammenhang zwischen der Salinität und der totalen Cu-Konzentration sowie der Cu-Konzentrationen der ionenaustauschbaren Fraktion der Proben untersucht. Die totale Cu-Konzentration ist mit der zunehmenden Salinität gesunken, während die Cu-Konzentrationen der ionenaustauschbaren Fraktion mit der zunehmenden Salinität keine bestimmte Tendenz haben.

### **8) Menge und Zusammensetzung partikulärer Aminosäuren und Aminosucker in den Flüssen Wenchang und Wenjiao und ihrem Ästuar, Hainan, China\***

Min Li

Diplomarbeit, Oktober 2009, Fachbereich 2, Biologie/Chemie der Universität Bremen.

**Zusammenfassung** In der Trockenzeit dominiert der autochthone Eintrag in dem Wenchang- und Wenjiao-Fluss. Im Oberlauf ist das organische Material relativ frisch, während im Ästuarbereich das refraktäre marine Material in großen Mengen vorhanden ist. In der Regenzeit vor dem Taifun herrscht zwar auch die in-situ Produktion vor, aber das organische Material zeigt einen viel höheren Frischegrad als in der Trockenzeit, was auf die im Einzugsgebiet angesiedelten Aquakulturteiche als Nährstoffquelle als Grundlage für die erhöhte Produktion zurückzuführen ist. Daneben dominiert im Ästuarbereich vor allem das frische marine Phytoplankton. Die biogeochemische Parameter indizieren einen stark refraktären Charakter des organischen Materials nach dem Taifun. Durch die Niederschläge kommt es zu einer Zufuhr von partikulärem terrestrischem Material aus dem Einzugsgebiet in die Flüsse und ihr Ästuar. Das organische Material erhält dadurch einen einheitlich refraktären Charakter entlang des Ästuars. Außerdem wird die Bamen-Bucht aufgrund der erhöhten Abflussraten durchgespült, so dass die Nährstoffe aus den Flüssen und der Bucht in das Küstengebiet ausgetragen werden können. Wegen der hohen Wassertrübung und Lichtlimitierung im Fluss und Ästuar führen die zugeführten Nährstoffe dort nicht zu einer erhöhten Produktion, diese ist erst in den Küsten aufgrund der dort vorherrschenden höheren Lichteindringung zu beobachten. Da starke Niederschläge in der Regenzeit regelmäßig wiederkehren, ist dieser Prozess wahrscheinlich grundlegender Bestandteil des ästuarinen Systems. Die dadurch ausgelöste Eutrophierung und erhöhte Primärproduktivität könnte sich negativ auf die vorgelagerten Seegraswiesen und Korallenriffe auswirken. Der saisonale Unterschied in der Qualität des organischen Materials zeigt, dass die menschliche Aktivität wie Aquakultur die Stoffflüsse im Fluss stark beeinflusst.

### **9) Ecological impact of land-derived anthropogenic nutrients and organic matter on tropical estuarine and coastal systems of Hainan, China**

Lucia Herbeck

Doktorarbeit, Februar 2012, Fachbereich 2, Biologie/Chemie der Universität Bremen.

**Abstract** Human development of the coastal zone causes cumulative effects on the nutrient and organic matter (OM) transport to coastal waters, especially by increased inputs, modified transport and altered biological processing. These effects are among the primary reasons for increasing degradation and losses of valuable coastal habitats, such as seagrasses and coral reefs. Generally, fertilizers from agriculture are thought to be the main source for nutrient enrichment in aquatic ecosystems. This may be different in the Southeast Asian region, where pond aquaculture for the production of shrimp and fish has expanded rapidly during the last decades at the expense of natural wetlands. The major objective of this thesis was to study on the example of NE Hainan, tropical China, how land-based activities alter nutrient and OM fluxes to tropical coastal waters, and how these, in turn, affect the health and ecological functions of coastal habitats. Biogeochemical, ecological and stable isotope methods, as well as experiments with bioindicators were used to determine the sources, pathways and fate of nutrients and



OM in the Wenchang/Wenjiao Estuary (WWE) and nearshore coastal waters. Furthermore, the state of the seagrass meadows in three back-reef areas was determined. Samples and measurements were obtained in riverine, estuarine and coastal waters and sediments, as well as from potential land-based sources, including agriculture fields and aquaculture ponds and drainage channels, during four field campaigns between 2006 and 2009, one of that in the wake of a typhoon. Results indicate that effluents from aquaculture ponds lead to high nutrient and OM inputs to the WWE and coastal waters, in particular dissolved ammonium and dissolved organic nitrogen. Those stimulate phytoplankton growth, causing eutrophication of estuarine and nearshore coastal waters. While effluents released into the WWE are removed from the water column to large extents due to efficient phytoplankton uptake in the estuarine lagoon during low to moderate precipitation conditions, aquaculture ponds releasing their effluents directly into coastal waters cause continuous nutrient enrichment in usually oligotrophic back-reef areas, especially close to shore. Additionally, precipitation-induced freshwater pulses, which were strongest after typhoon events, are responsible for export of nutrients and OM from the agriculture-dominated hinterland of the WWE into coastal waters. These export pulses add to water quality deterioration in the region with the highest frequency of tropical storms worldwide and, are likely aggravated due to the loss of nutrient-reducing and sediment-retaining mangroves in the course of land use change. Stable nitrogen isotope values ( $\delta^{15}\text{N}$ ) of the ammonium in pond effluents reported for the first time were extremely high ( $\sim 17$  per mill). Consequently, elevated  $\delta^{15}\text{N}$  values in TSM and seagrass leaves (5-12 per mill) and a significant  $\delta^{15}\text{N}$  increase from  $<7$  up to 14 per mill over time in the phytoplankton bioassays specified pond effluents as predominant nutrient source affecting the entire back-reef areas that were adjacent to aquaculture ponds over a distance of  $>2.5$  km from the shore. A much lower seagrass species abundance, shoot density and total biomass and higher sulphide intrusion indicated by stable sulfur isotopes in seagrass leaves and higher epiphyte loads at the pond-affected sites compared to the almost aquaculture-free control site indicate adverse growth conditions due to reduced photosynthesis and sulphide poisoning. Our study indicates that still increasing pond aquaculture has to be taken into account for global estimates of land-derived nutrient inputs into the ocean and as a direct threat to coastal ecosystem health.

\* Arbeiten wurden bereits in der Förderphase von LANCET I abgeschlossen

**A7 Berichtsblatt**

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht	
3. Titel Wissenschaftlicher Schlussbericht für das Verbundprojekt LANCET - Wechselwirkungen Land-Meer entlang Küstenökosystemen in den Tropen Chinas: Hainan		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Jennerjahn, Tim; Dsikowitzky, Larissa; Rixen, Tim; Krumme, Uwe; Grote, Britta; Pohlmann, Thomas; Su, Jian; Balzer, Wolfgang; Unger, Daniela; Herbeck, Lucia	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31. Dezember 2011	
	6. Veröffentlichungsdatum 30. Juni 2012	
	7. Form der Publikation Bericht	
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) 1) Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie GmbH, Fahrenheitstr. 6, 28359 Bremen 2) Fachbereich Meereschemie der Universität Bremen, Leobenerstr. NW2, 28334 Bremen 3) Institut für Meereskunde, Universität Hamburg, Bundesstr. 53, 20146 Hamburg	9. Ber. Nr. Durchführende Institution	
	10. Förderkennzeichen 03F0620	
	11. Seitenzahl 107	
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 36	
	14. Tabellen 1	
	15. Abbildungen 31	
16. Zusätzliche Angaben		
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Projektträger Jülich, Seestraße 15, 18119 Rostock, 30. Juni 2012		
18. Kurzfassung Das deutsch-chinesische Verbundprojekt LANCET verfolgte das Ziel die Wechselwirkungen zwischen Land und Meer am Beispiel der tropischen Insel Hainan im Südchinesischen Meer zu untersuchen. In der LANCET-Förderphase II (Feb 2010-Dez 2011) konnten auf Erkenntnissen der ersten Phase (Okt 2006 - Jan 2010) basierende Wissenslücken geschlossen und die Ergebnisse in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht werden. Es wurde gezeigt, dass das Wenchang/Wenjiao Ästuar sowie Rückriffbereiche entlang der Küste stark von den Abwässern der Aquakulturateiche beeinflusst sind. Während Starkregenereignissen (v.a. während Taifunen), kommt es zudem zu einem starken Austrag von nährstoffreichen Düngemitteln, organischem Material und Sedimenten aus dem landwirtschaftlich geprägtem Hinterland, welcher Eutrophierungserscheinungen in den Küstengebieten auslöst. Diese wirken sich auch negativ auf die Seegraswiesen aus. Überfischung der Ästuar- und Rückriffbereiche stellt ein weiteres akutes Problem dar, während die Schwermetallbelastung niedrig ist. Während des Sommermonsuns kommt es an der Ostküste Hainans zu einem Auftrieb kühlen, nährstoffreichen Wassers, welcher in seiner Ausprägung von der Windrichtung sowie von der Topographie abhängt. Der Auftrieb hat innerhalb der letzten Jahrzehnte aufgrund der globalen Erwärmung vermutlich zugenommen. Messergebnisse aus einem Korallenbohrkern ( <i>Porites lutea</i> ) zeigen eine Zunahme des jährlichen Längenwachstums der Korallenkolonie in den letzten 30 Jahren, welches positiv mit der globalen Erwärmung, dem El Niño Southern Oscillation Index, sowie den lokalen Temperaturen korreliert ist. Erhöhte Temperaturen und ein durch Auftrieb verstärktes Nährstoffangebot scheinen das Wachstum der beprobten Koralle besonders in den ENSO-Jahren zu begünstigen, wodurch der wachstumshemmende Einfluss der Ozeanversauerung bislang scheinbar kompensiert werden konnte. Jedoch sind die Riffe vor der Nordostküste Hainans generell in keinem guten Zustand, was im Wesentlichen auf lokale Einflüsse wie Eutrophierungserscheinungen und zerstörerische Fischereimethoden zurückzuführen ist. Es wurden konkrete Empfehlungen für ein für ein nachhaltiges Management der Küstenzone Hainans entwickelt		
19. Schlagwörter: Hainan, Wechselwirkungen Land-Meer, natürliche Ressourcen, Küstenökosystem, Korallenriffe, Seegraswiesen, Mangroven, tropische Ästuar, Auftriebsgebiete, Schadstoffbelastung, Überfischung		
20. Verlag	21. Preis	

**A8 Document Control Sheet**

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Final report	
3. title Final report of the joint research project "LANCET - Land-Sea Interactions along Coastal Ecosystems of Tropical China: Hainan"		
4. author(s) (family name, first name(s)) Jennerjahn, Tim; Dsikowitzky, Larissa; Rixen, Tim; Krumme, Uwe; Grote, Britta; Pohlmann, Thomas; Su, Jian; Balzer, Wolfgang; Unger, Daniela; Herbeck, Lucia	5. end of project December 31, 2011	
	6. publication date June 30, 2012	
	7. form of publication Report	
8. performing organization(s) (name, address) 1) Leibniz Center for Tropical Marine Ecology, Fahrenheitstr. 6, 28359 Bremen, Germany 2) Department of Marine Chemistry, University of Bremen, Leobenerstr. NW2, 28334 Bremen, Germany 3) Institute for Marine Research, University of Hamburg, Bundesstr. 53 20146 Hamburg, Germany	9. originator's report no.	
	10. reference no. 03F0620	
	11. no. of pages 107	
12. sponsoring agency (name, address)  Federal Ministry of Education and Research (BMBF) 53170 Bonn Germany	13. no. of references 36	
	14. no. of tables 1	
	15. no. of figures 31	
16. supplementary notes		
17. presented at (title, place, date) Projekträger Jülich, Seestraße 15, 18119 Rostock, Germany, June 30, 2012		
18. abstract The German-Chinese project LANCET aimed to improve scientific knowledge about land-sea interactions by taking the tropical island Hainan situated in the Southchina Sea as an example. During the second phase of LANCET (Feb 2010 - Dec 2011), knowledge gaps based on outcomes of the first phase of LANCET (Oct 2006 - Jan 2010) could be closed, and results have been published in international scientific journals. Results showed that the Wenchang/Wenjiao Estuary as well as the back-reef areas occurring along Hainan's north-east coast are strongly affected by effluents from abundant aquaculture ponds. During heavy rains (especially during typhoon events), there was a strong export of nutrient-rich fertilizers, organic matter and sediments from the agriculture-dominated watershed, additionally causing eutrophic conditions in the coastal waters. These had a negative impact on seagrass meadows. Overfishing in the estuaries and coastal waters is a further acute problem of the area, while contamination with heavy metals was of little concern. During summer monsoon, there is an upwelling of cool, nutrient-rich water at Hainan's north-east coast. The strength of the upwelling is largely dependent on the wind direction and local topography. The upwelling most likely has increased during the past decades due to global warming. Results from a coral core ( <i>Porites lutea</i> ) implicate an increase in the annual colony growth during the past 30 years, which correlates poitive with global warming, the El Niño Southern Oscillation Index as well as local temperatures. Higher temperatures and a higher nutrient availability due to upwelling seem to favour the coral growth, especially during ENSO years. Thereby, the growth-inhibiting effects of ocean acidification could likely be compensated so far. In general, the reefs at the north-east coast of Hainan are, however, not in a good state, which is mainly due to local impacts such as eutrophication and destructive fishing techniques. Specific recommendations for a sustainable management of Hainan's coastal zone were developed.		
19. keywords Hainan, Land-Sea Interactions, natural resources, coastal ecosystems, coral reefs, seagrass beds, mangroves, tropical estuaries, aquaculture, upwelling, pollution, overfishing		
20. publisher	21. price	