

SCHLUSSBERICHT

Auswirkungen des ENSO-Monsun Systems auf die biogeochemischen Stoffflüsse in der nördlichen Südchina See (SINOFLUX I)

**BMBF Förderkennzeichen 03F0604A
(Laufzeit: 01.05.2009 - 28.02.2012)**

¹Martin G. Wiesner, ¹Niko Lahajnar, ¹Marc Metzke, ²Jianfang Chen,
²Lihua Ran, ¹Annette Heddaeus, ¹Tanja Teschner, ¹Lena Narman, ²Ronghua Chen

¹Institut für Biogeochemie und Meereschemie
Department Geowissenschaften
Universität Hamburg

²Second Institute of Oceanography
State Oceanic Administration
Hangzhou, PR China

Oktober 2012

Inhalt

I Einleitung	
I.1 Aufgabenstellung	3
I.2 Voraussetzungen zur Durchführung des Vorhabens	4
I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens	6
I.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand	7
I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen	9
II Ergebnisse	
II.1 Verwendung der Zuwendung, erzielte Ergebnisse in Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen	10
II.1.1 Partikelfluß im westlichen Teil der nördlichen Südchina See	
II.1.2 Partikelfluß im zentralen Teil der nördlichen Südchina See	14
II.1.3 Indikatoren der Lateraladvektion	20
II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises sowie Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	22
II.3 Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des Verwertungsplans	23
II.4 Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	23
II.5 Veröffentlichungen, Konferenzen, Bachelor-, und Masterarbeiten	24
III Literaturangaben	24
IV Anhang	26
Datentabellen	
Anlagen	
Bestätigungsschreiben des chinesischen Partners Second Institute of Oceanography, Hangzhou, zur Bereitstellung von Arbeitszeit auf chinesischen Forschungsschiffen	
Berichtsblatt	
Document Control Sheet	
Erfolgskontrollbericht	

I Einleitung

I.1 Aufgabenstellung

Vor der südchinesischen Küste führt wind-induzierter Auftrieb während des SW-Monsuns und die Durchmischung der oberen Wassersäule verbunden mit äolischem Staubeintrag während des NE-Monsuns zur Entstehung einer der biologisch produktivsten Meeresregionen Südostasiens (z.B. Gao et al., 2001; Liu et al., 2002, 2007; Jing et al., 2007; Lin et al., 2007). Zur Fertilität dieser Region trägt vermutlich auch die Zufuhr von Nährstoffen aus nahegelegenen Flüssen wie z.B. des Zhujiang bei. Das Zusammenwirken dieser Faktoren als Steuerung der Primärproduktion wird während eines El Niño Events gedämpft oder ganz ausgesetzt und dürfte zukünftig signifikant beeinträchtigt werden, da für diese Ereignisse eine Zunahme in ihrer Häufigkeit und Amplitude prognostiziert wird, die wiederum dem globalen Erwärmungstrend auflagert. Erste Zeitseriendaten wurden in diesem Gebiet für das El Niño Ereignis 1987-1988 aufgezeichnet (Jennerjahn et al., 1992; Wiesner et al., 1996), während dessen sowohl die Monsunintensität als auch die fluviatilen Zufuhrraten drastisch reduziert waren. Die Ergebnisse zeigten biogene Exportproduktionsraten, die um eine Größenordnung niedriger waren als in der oligotrophen zentralen Südchina See (SCS) während ENSO-neutraler Bedingungen. Das Ausmaß zu dem ENSO Warmphasen (und Kaltphasen) die Ökologie und Biogeochemie der nördlichen SCS beeinflussen ist jedoch nicht bekannt, da Daten zur Interannualität der Exportproduktion ebenso fehlen wie Daten zum vorindustriellen Sedimentationsgeschehen im Bereich des Auftriebssystems als sensitivstem Anzeiger von Veränderungen in der Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Ozean. Kausalitätsketten und zukünftige Veränderungen des Systems lassen sich daher nicht beschreiben. Dieses Vorhaben hatte zur Aufgabe, (i) die Auswirkungen der Saisonalität und interannuellen Variabilität des monsunalen Klimas auf die Partikelsedimentation in der nördlichen SCS aufzuzeichnen, (ii) El Niño/LaNiña-induzierte Anomalien der Stoffflüsse qualitativ und quantitativ zu erfassen, und (iii) Paleoproxy Parameter zu testen und abzustimmen, um in einem Folgeprojekt (SINOFLUX II) die natürlichen langfristigen Veränderungen in der Dynamik und Effizienz der die Sedimentation kontrollierenden Faktoren während der Holozäns zu rekonstruieren. Die Ergebnisse werden es erstmals ermöglichen - in Kombination mit den laufenden Untersuchungen zum Partikelfluss in den Auftriebsgebieten vor Vietnam, vor Luzon und vor dem Sundaschelf und im oligotrophen zentralen SCS (gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung) - ein zeitlich und räumlich umfassendes und differenziertes Bild des Sedimentationsgeschehens und seiner Steuerung zu entwerfen. Die Zusammenführung der rezenten und fossilen Szenarios soll zu einem besseren Verständnis der Konsequenzen des globalen Klimawandels in Südostasien beitragen und helfen, regionale Impaktmodelle zur Reaktion ozeanischer Ökosysteme auf erhöhte Treibhausbedingungen zu verbessern.

I.2 Voraussetzungen für die Durchführung des Vorhabens

Das Vorhaben wurde von Wissenschaftlern des Second Institute of Oceanography in Hangzhou (SIO) und des Instituts für Biogeochemie und Meereschemie der Universität Hamburg (IfBM) in enger Abstimmung vorbereitet und basiert auf deren erfolgreichen gemeinsamen Vorarbeiten in südostasiatischen Randmeeren. Diese seit mehr als 15 Jahren bestehende Kooperation und die sehr gute personelle und hinsichtlich der Bewältigung der jeweiligen Arbeitspakete sehr gute instrumentelle Ausstattung der beiden Institute waren in der Summe Garant für eine erfolgreiche Durchführung des Vorhabens. Diese steht auch im

Rahmen der Vereinbarung über Zusammenarbeit in der Meeresforschung und Meerestechnik zwischen dem Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Staatlichen Ozeanographischen Zentralamt (SOA) der Volksrepublik China vom 27.06.1989 (und Folgevereinbarungen). Die von chinesischer Seite zum Arbeitsgebiet zur Verfügung gestellten Informationen bildeten die Grundlage, um Forschungsbedarf zu identifizieren und eine Forschungsstrategie zu entwickeln. Es wurde vereinbart, dass die deutsche Seite die wesentlichen Module zur Auslegung und Bergung der Sedimentfallenverankerungen, die chinesische Seite Arbeitszeit auf chinesischen Forschungsschiffen über die gesamte Laufzeit der ersten Projektphase hinweg bereitstellt (siehe dazu im Anhang die entsprechende Vereinbarung vom 12.12.2008).

I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

In einer gemeinsamen Planungssitzung im März 2008 in Hangzhou wurde entschieden, zur Bewältigung der Aufgaben eine Sedimentfallenverankerung im Bereich des SW-Monsun Auftriebs vor Hainan (Station SCS-NW) und eine weitere östlich der Dongsha (Pratas) Inseln im Bereich der Hauptwindachse des NE-Monsuns (Station SCS-N) auszulegen (Abb. 1). Bei SCS-N waren bereits in 1987-1988 Zeitserien des Partikelflusses aufgenommen worden, d.h. während des zweitstärksten bislang in der SCS registrierten El Niños (Jennerjahn et al., 1990; Wiesner et al, 1996).

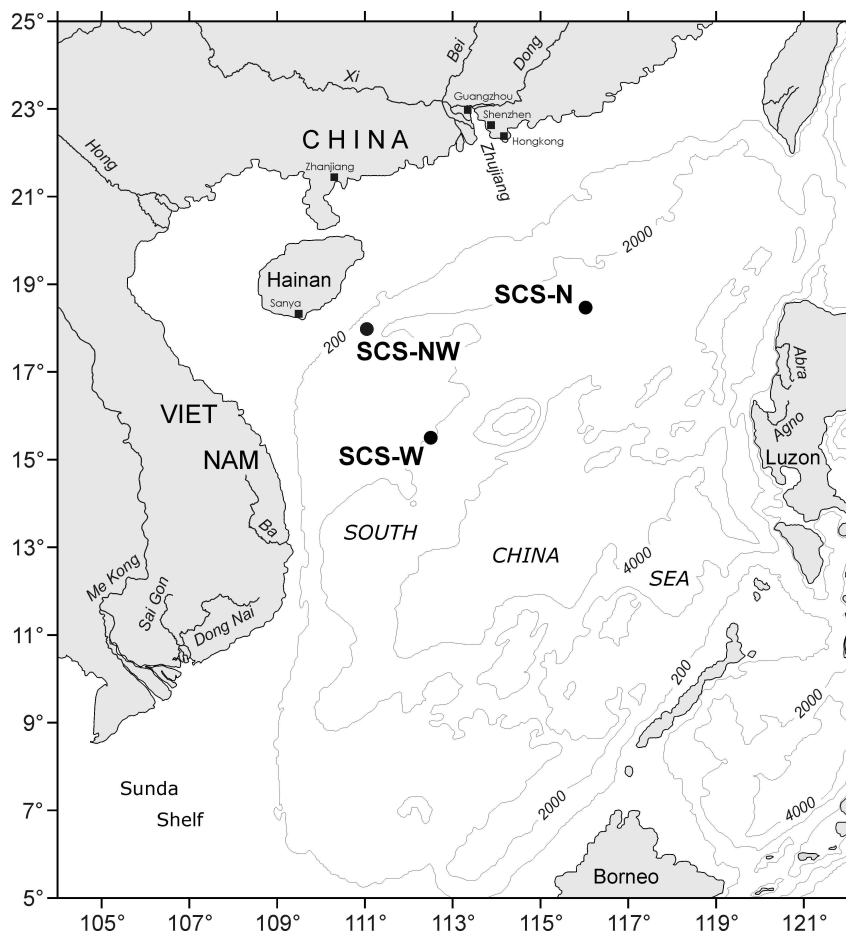


Abb. 1. Position der Sedimentfallenverankerungen SCS-N, SCS-NW und SCS-W in der nördlichen Südchina See.

Im März 2009 schlug die chinesische Seite vor, südlich der Xisha (Paracelsus) Inseln ein drittes System auszulegen (SCS-W), um untersuchen zu können, ob und inwieweit die

Nährstofffahne des Auftriebsgebiets vor Vietnam den westlichen Teil der nördlichen SCS beeinflusst. Es wurde entschieden, dass das IfBM die Komponenten für die Station SCS-W (und SCS-N) und das SIO die Komponenten und Verbrauchsmittel für die Station SCS-NW beibringt.

Das Vorhaben wurde am 01.05.2009 mit der Beschaffung und Verschiffung des für die Auslegung der Verankerungen notwendigen Verbrauchsmaterials begonnen. Die erste von geplanten drei Forschungsfahrten wurde mit dem chinesischen Forschungsschiff *Dayangyihao* vom 09.06 bis 27.06.2009 durchgeführt (Anfangshafen: Qingdao, Endhafen: Sanya/Hainan). Die Fahrt diente in erster Linie dem Testen von Großgeräten wie Großkastengreifer, Multicorer, TV-Greifer, Schwerelot, ROV und Planktonnetzen in Vorbereitung einer für den Spätsommer 2009 geplanten Expedition des Schiffes in den Indik, Atlantik und Pazifik. Die Tests wurden sowohl im Flachwasser als auch in der Tiefsee vorgenommen und an Bord von einem Quality Management Team beaufsichtigt und zertifiziert. Während der Fahrt wurde die nördliche SCS zweimal von Taifunen überquert, so dass das Schiff die Arbeiten abbrechen und unter der Küste abwettern musste. Die Verankerungen SCS-N und SCS-W konnten deshalb erst gegen Ende der Fahrt erfolgreich positioniert werden; die Auslegung von SCS-NW auf dem Transit nach Sanya musste aufgegeben werden, da die Charterzeit überschritten war.

Die Sedimentfallen wurden synchron programmiert, um die partikulären Sinkstoffe in Intervallen von 16-17 Tagen über ein volles Monsunjahr hinweg zu sammeln. Da das anfallende Probenmaterial nicht vor 2010 zur Verfügung stehen würde, wurde die eingeworbene Doktorandenstelle erst am 01.01.2010 besetzt, d.h. mit Beginn der Planungsaktivitäten für die zweite Ausfahrt. Zu den Aufgaben des Doktoranden gehörte die Bearbeitung der Sinkstoffproben mit dem Schwerpunkt Charakterisierung der organischen Substanz, die Untersuchung der isotopischen Zusammensetzung des organischen Materials ($\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ und $\delta^{15}\text{N}$) und der Intensität des Abbaus organischen Materials und seiner Einzelkomponenten (Aminosäuren und Aminosucker), sowie die Verarbeitung, Auswertung und Interpretation der Daten. Dazu sollten im Weiteren Fernerkundungsdaten zu Windgeschwindigkeit und -richtung, Meeresoberflächentemperaturen und deren Anomalien, Meeresspiegelhöhenanomalien, Oberflächenströmungen und Chlorophyll prozessiert werden.

Für die Durchführung der zweiten Ausfahrt war das Forschungsschiff *Tianying* der Universität Zhanjiang gechartert worden (Anfangshafen: Zhanjiang, Endhafen: Sanya/Hainan). Die Fahrt sollte vom 18.05. - 28.05.2010 stattfinden, musste jedoch aufgrund erheblicher Schwierigkeiten mit der Zolleinfuhr in Shenzhen, die im Wesentlichen darin lagen, dass nach Richtlinien der dortigen Behörden ein temporärer Import von Waren (Sedimentfallenersatzteile) nur für jeweils $\frac{1}{2}$ Jahr als steuerfrei akzeptiert wird, mehrfach verschoben werden und wurde schließlich auf den Zeitraum 22.06.-28.06.2010 gelegt. Durch das verspätete Auslaufen gelangte die gesamte Fahrt in eine Schlechtwetterphase des bereits voll etablierten Südwest-Monsuns. Anhaltend schwere Stürme über der nördlichen Südchina See und Ausläufer eines in der Straße von Luzon zentrierten Taifuns machten ein Arbeiten auf allen drei Stationen unmöglich. Ein Abwettern über den 28.06. hinaus war nicht möglich, da das Schiff für den Zeitraum danach als Versorger an eine in Singapur ansässige Erdölgesellschaft bereits verchartert war. So musste die Fahrt ergebnislos abgebrochen werden. Eine Eingabe des SIO, das Schiff zur Bergung und erneuten Auslegung der Verankerungen in der Intermonsunzeit im September 2010 erneut zu nutzen, wurde von der Universität abschlägig beschieden, da das Schiff bereits voll verchartert war.

Der Zeitraum bis zur geplanten Bergung der Verankerungen in 2011 wurde dazu genutzt, das Sedimentfallenmaterial, das an der Station SCS-N (siehe Abb.1) in 1987-1988 gewonnen wurde - während dessen das Südchinesische Meer den Auswirkungen eines El Niño unterlag - auf Parameter zu analysieren bzw. mit neueren Methoden zu untersuchen, die den damaligen Bearbeitern nicht zur Verfügung standen bzw. nicht durchgeführt wurden (siehe dazu Jennerjahn et al., 1992) im Rahmen des SINOFLUX-Projekts aber zur Anwendung kamen. Zudem wurden die Suspension und Sedimente der in die nördliche SCS mündenden Flüsse beprobt; Oberflächensedimente der Sonne Fahrten 50, 72A und 95 wurden in die Untersuchungen integriert um Informationen über mögliche Quellen lateraler Advektion zu gewinnen. Diese Arbeiten umfassten auf der anorganischen Seite Analysen der Haupt und Spurenelemente, der Seltenen Erden und Neodymium-Isotope sowie Analysen der Zusammensetzung der mineralischen (lithogenen) Bestandteile des partikulären Materials. Auf der organischen Seite waren dies Biomarker- und Isotopenanalysen zur Erfassung des Erhaltungszustandes des organischen Materials und seiner Provenanz. Auszählungen des silikatschaligen Planktons (Diatomeen, Radiolarien und Silikoflagellaten), der Foraminiferen und der Coccolithophoriden waren für SCS-N bereits durch den am damaligen Projekt SO-50 beteiligten Mikropaläontologen des SIO, Dr. Wenbin Chen, durchgeführt worden.

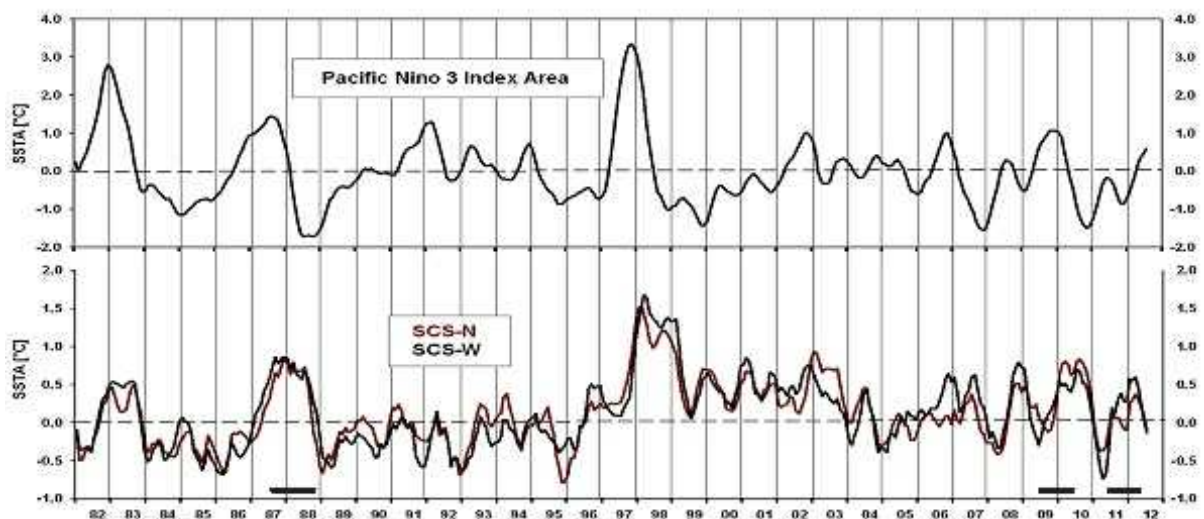


Abb. 2: Anomalien der Meeresoberflächentemperaturen (SSTA) im Zentralpazifik und in der nördlichen Südchina See (Balken indizieren (a) die Erstauslegung von SCS-N in 1987/1988 sowie (b) die Auslegung von SCS-W, SCS-NW und SCS-N in 2009/2010 und (c) in 2011/2012 im Rahmen des TONKIN Projekts.

Die dritte Ausfahrt zur Bergung und erneuten Auslegung der Verankerungen wurde vom 13.05. bis 18.05.2011 erneut mit R/V *Tianying* durchgeführt (Anfangshafen: Zhanjiang, Endhafen: Sanya/Hainan). Bis auf SCS-NW, deren Rotor aufgrund einer technischen Fehlfunktion völlig blockiert hatte, und SCS-W, die hochauflösend nur den SW-Monsun 2009 und die NE-SW Intermonsunphase in 2010 aufzeichnete, hatten alle Fallen einwandfrei gearbeitet. Damit wurde erstmalig für dieses Seegebiet ein Datensatz gewonnen, der ENSO-freie Bedingungen anzeigt und es damit ermöglicht - der Arbeitsplanung und Zielsetzung des Projekts entsprechend - in einem Vergleich mit den während des El Niño in 1987/1988 gewonnene Zeitserien aufzuzeigen, welche Anomalien diese Warmphasen in den biogeochemischen Stoffflüssen erzeugen. Mit den Fallensystemen wurde zudem der Beginn des El Niño während der Intermonsunphase im Frühjahr 2010 erfasst (Abb. 2). Da die Systeme in 2010 jedoch nicht geborgen und erneut ausgelegt werden konnten, fehlen

Informationen zur Hochphase dieses Events und damit die Möglichkeit eines internannualen Vergleichs zwischen zwei Warmphasen. Dies ist ein Ziel des Folgevorhabens SINOFLUX II.

I.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Rezent gehört die nördliche SCS neben den Tiefenwasserauftriebszonen vor SE-Vietnam, dem Sunda-Schelf und NW-Luzon zu den biologisch produktivsten Meeresregionen Südostasiens. Diese Fertilität ist eine Folge der Nährstoffzufuhr durch angrenzende Flusssysteme wie den Zhujiang, durch tidale Fronten, SW-monsungesteuerten Auftrieb vor Hainan und wind-induzierte Durchmischung während des NE-Monsuns verbunden mit dem Eintrag atmosphärischen Stickstoffs und Eisens (Gao et al., 2001; Liu et al., 2002, 2007). Klimamodelle zur globalen Erwärmung lassen vermuten, dass diese Region in hohem Maße durch eine Zunahme in der Häufigkeit und Amplitude von ENSO Ereignissen und Taifunen sowie durch einen signifikanten Anstieg des Meeresspiegels und drastische Veränderungen im Regenfall beeinträchtigt werden wird (Nicholls, 1993; Kelly et al., 2000). Mit einer Zeitverzögerung von etwa 4-5 Monaten gegenüber dem äquatorialen Ostpazifik erhöht (reduziert) sich die Meeresoberflächentemperatur hier während einer El-Niño (La-Niña) Phase dramatisch um bis zu 2°C (0.5°C) gegenüber dem langjährigen Mittel, eine Situation die etwa 10-12 Monate anhält (Lahajnar et al., 2007). Diese Erwärmung (Abkühlung) ist eine Folge der Abschwächung (Intensivierung) der Monsunwinde mit dem Ergebnis, dass sich die Intensität der Auftriebszellen im Südchinesischen Meer abschwächt (verstärkt) bzw. dass sich der Abtrieb reduziert (erhöht). In Analogie zur Situation im Ostpazifik (z.B. Chavez et al., 1999) lassen diese Szenarien vermuten, dass El Niño (La Niña) Ereignisse in dieser Region eine signifikante saisonale Abnahme (Erhöhung) in der Primärproduktion verursachen, die sich wiederum negativ (positiv) auf höhere trophische Ebenen der Nahrungskette auswirkt. Das Zusammenwirken der die Primärproduktion und Sedimentation steuernden Faktoren und deren räumliche und zeitliche Variabilität in der nördlichen SCS ist jedoch kaum untersucht, und das Ausmaß, zu dem der Klimawandel die ökologischen, biogeochemischen und sedimentären Bedingungen beeinflussen wird, daher nicht abschätzbar. Die bislang in diesem Seegebiet durchgeführten Forschungsprogramme haben keinen umfassenden Datensatz zur Biogeochemie der Stoffflüsse liefern können, noch wurden mit den Untersuchungen ENSO-Ereignisse erfasst; Zeitserienmessungen zum Partikelfluß synchron mit der Aufnahme von klimatischen und ozeanographischen Daten sind nicht durchgeführt worden und Erkenntnisse zur Partikelsedimentation und deren Steuerungsfaktoren fehlen gänzlich (Lianfu Zheng, persönl. Mitt. 2009). Im Weiteren ist ungeklärt, ob die Nährstoffflüsse der Flüsse und hier insbesondere die des Zhujiang die off-shelf Region der nördlichen SCS erreichen und hier die Produktivität mitbestimmen. Sollte eine derartige Verbindung existieren, dann könnten sich die durch eine Abschwächung der Winde verursachten ökologischen Störungen noch dadurch verstärken, dass sich die Abflussraten der Flüsse während eines El Niño um bis zu 30% reduzieren (z.B. Kelly et al. 2000; Glantz, 1996).

Stoffflussuntersuchungen in der Südchina See wurden von der Arbeitsgruppe SINOFLUX bislang größtenteils im Rahmen verschiedener BMBF- und DFG--geförderten Programme durchgeführt. Im Vordergrund stand dabei die Erfassung der Beziehung zwischen Monsunintensität und der Saisonalität und interannualen Variabilität des Exports biogener, fluviatiler und äolischer Partikel im oligotrophen zentralen Südchinesischen Meer (Wiesner et al., 1996; Chen et al., 1998a,b, 1999, 2000, 2006); und (3) Zeitserienmessung des Partikelflusses während eines El-Niño Ereignisses (1998-1999) im zentralen

Südchinesischen Meer, im NE-Monsun Auftriebsgebiet vor NW-Luzon und in der SW-Monsun Auftriebsregion vor SE-Vietnam (Lahajnar et al., 2007, Fernando 2007, Gaye et al., 2009). Während dieser Messperiode war der Tiefenwasserauftrieb sowohl während des Winters als auch während des Sommers dramatisch unterdrückt und das gesamte Seegebiet verzeichnete die höchsten positiven Meeresoberflächentemperaturanomalien seit 1965 (siehe Abb. 2). Die mit diesem Projekt erzielten Ergebnisse in Verbindung mit den Partikelflussdaten zeigen, dass die Partikelsedimentation sowohl im Zentrum des Auftriebsgebiets vor SE-Vietnam als auch vor dem Sunda-Schelf in hohem Maße durch Resuspension und Resedimentationsprozesse beeinflusst wird (Wiesner et al., eingereicht). Die Hochflussphasen des partikulären Materials treten nicht während der Hauptphasen der Monsune auf, sondern sind – sowohl unter El Niño als auch unter ENSO-neutralen Bedingungen- an die Formation meso-skaliger, zyklonaler Eddies gekoppelt, die in der Spätphase des NE-Monsuns und SW-Monsuns auftreten (Abb. 3) und die Wassersäule bis in Tiefen von über 600 m beeinflussen.

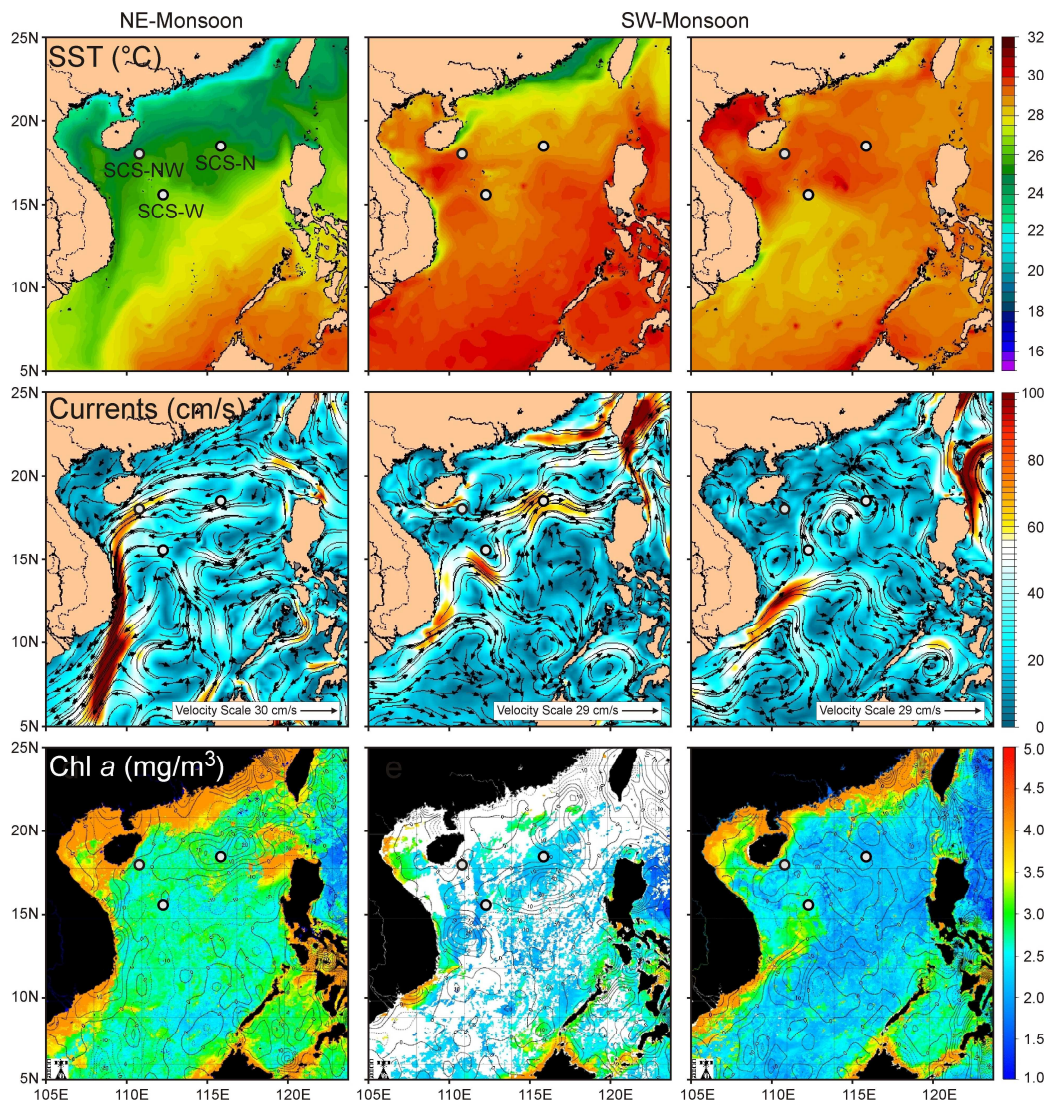


Abb. 3: Meeresoberflächentemperaturen (SST), Oberflächenströmungen und Chlorophyll-a während des NE-Monsuns (Dezember) und SW-Monsuns (Juni und August) in der Südchina See (Wiesner et al., eingereicht) und Position der Fallenverankerungen des SINOFLUX-Projekts. Bemerke die Ausdehnung der auftriebs-induzierten Chlophyllfahne vor Vietnam bis in den Bereich der Station SCS-W durch die gegenrotierenden Eddies des Vietnam-Dipols im August.

Die Eddies verstärken die Produktivität durch den Eintrag von Nährstoffen aus tieferen Wasserschichten, resuspendieren aber synchron Sedimentmaterial vom Schelf oder oberen Kontinentallhang und advektieren diese Komponenten in die Kernbereiche des Auftriebs. Seltene Erden Verteilungen und Neodym-Isotopen belegen, dass das lateral advektierte Material ein Mischsignal nord-, zentral- und südvietnamesischer Flüsse aufweist, ein Ergebnis der starken Küstenströmung und der damit verbunden intensiven Umlagerung; Hinweise darauf, dass die Suspensionsfracht der Flüsse auf direktem Weg in die Auftriebsgebiete gelangt, wurden bislang nicht gefunden (Wiesner et al., eingereicht).

Der Eintrag advektierter Komponenten führt zeitweise zu einer deutlichen Maskierung der Signale der Primärproduktion. So zeigen die aus Aminosäurespektren ermittelten Degradations-Indizes, dass das während der Eddy-induzierten Hochflussphasen aufgefangene organische Material im saisonalen Vergleich den niedrigsten Erhaltungsgrad aufweist (Lahajnar et al. 2007). Die mit ENSO-Ereignissen verbundenen Einschnitte in die Primärproduktion sind jedoch so drastisch, dass sie durch Lateraladvektion nicht überdeckt werden. So zeigen beispielsweise die Coccolithenvergesellschaftungen während des El Niño 1998/1999 eine klare Dominanz von *Florisphaera profunda* wohingegen während ENSO-neutraler Bedingungen *Emiliana huxleyi* vorherrscht (bei deutlich erhöhter Diversität der Coccolithen). Dies spiegelt die signifikante Erwärmung der oberen Wasserschichten im südwestlichen Südchinesischen Meer wider und damit verbunden eine stabile Wassersäule und tiefe Lage der Nutrikline. Unsere Untersuchungen der stabilen Stickstoffisotope in Fluss-Suspensionen, Sinkstoffen und Sedimenten haben gezeigt, dass die Isotopenwerte in den Sedimenten des Südchinesischen Meeres durch die Frühdiagenese deutlich erhöht sind; signifikant niedrigere Isotopenverhältnisse in partikulärem und gelösten Stickstoff in der Wassersäule zeigen, dass die Stickstofffixierung im angrenzenden westlichen Pazifik und im Südchinesischen Meer einen bedeutenden Beitrag zum Gesamtstickstoffbudget leisten (Gaye et al., 2009). Dieser Beitrag ist aufgrund der stärkeren Stratifizierung der Wassersäule während eines El Niño Ereignisses besonders signifikant, so dass die Stickstofffixierung in diesem Seegebiet möglicherweise in Zukunft noch verstärkt wird.

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Untersuchungen im Rahmen des SINOFLUX-Projekts wurden wie ausgeführt in enger Zusammenarbeit mit dem Second Institute of Oceanography (SIO) in Hangzhou durchgeführt. Zur Bewältigung des Arbeitspakets Plankton des chinesischen Partners, wurde vom SIO vorgeschlagen, die Analysen der Coccolithophoriden - in Ermangelung eines Experten im eigenen Hause - in die Hände der philippinischen Wissenschaftlerin Dr. Peleo-Alampay des National Institute of Geological Sciences (University of the Philippines) zu legen, die diese Untersuchungen bereits an Sedimentfallenmaterial vor der vietnamesischen Küste vorgenommen hatte und diese auch im Rahmen des deutsch-chinesischen Projekts TONKIN durchführt.

II Ergebnisse

II.1 Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse in Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen

II.1.1 Partikelflüsse im westlichen Teil der nördlichen Südchina See (SCS-W)

An der Fallenstation SCS-W ($15^{\circ} 27,88'N$, $112^{\circ} 36,96' E$) wurde vom 27.06.2009 bis 13.05.2010 eine Sedimentfalle (SCS-W01) in einer Wassertiefe von 1100 m verankert, um den Partikelfluss in Intervallen von 16 Tagen aufzuzeichnen. Die Verankerung SCS-W02 erfolgte an gleicher Stelle vom 20.05.2011 bis 04.04.2012 und wird im Rahmen des TONKIN Projekts ausgewertet; erste Ergebnisse werden hier gezeigt, um sie der Auswertung der Falle SCS-W01 gegenüberzustellen.

Die monsunale Saisonalität, die sich in den Meeresoberflächentemperaturen (SST) und Windgeschwindigkeiten während des Verankerungszeitraums SCS-W01 zeigt, spiegelt sich nicht im Gesamtpartikelfluss wider (Abb.4).

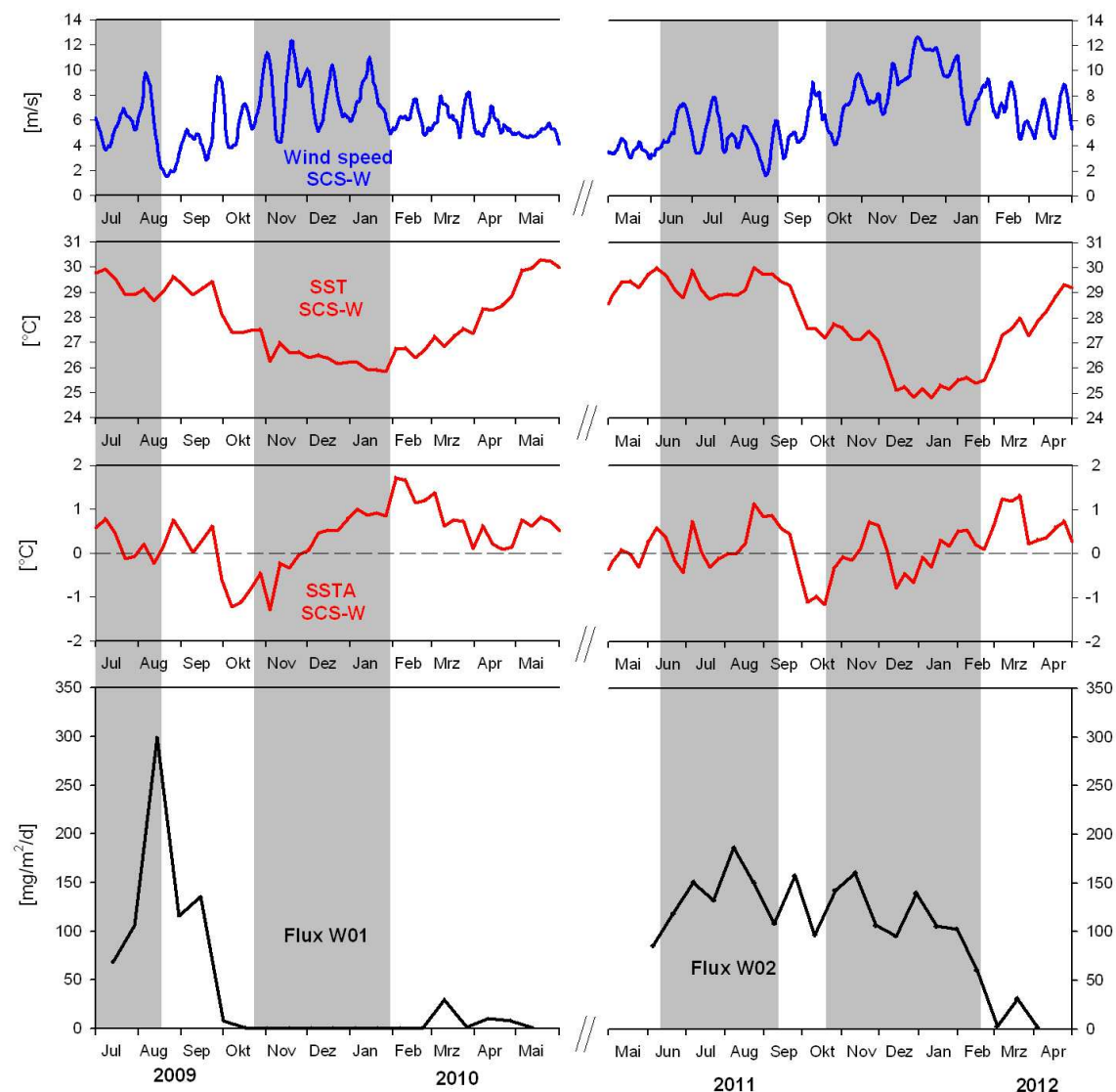


Abb. 4: Die Saisonalität an der Fallenstation SCS-W anhand von Windgeschwindigkeiten, SST, SSTA und Gesamtpartikelfluss. Grau hinterlegt sind die Monsunphasen.

Einer hohen Gesamtflussrate von bis zu $300 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ während des SW-Monsuns 2009 folgt eine Niedrigflussphase, die - mit Ausnahme eines kleinen Peaks im März 2010 – bis zum Ende der Verankerung SCS-W01 anhält und weniger als $1 \text{ mg/m}^2/\text{d}$ beträgt. Zwar hat die Sedimentfalle zu jeder Zeit fehlerfrei funktioniert, es darf jedoch bezweifelt werden, ob solch extrem niedrige Flussraten den wahren Partikelfluss wiedergeben, zumal die hohen Chlorophyll-Konzentrationen an der Wasseroberfläche während des NE-Monsuns sich in keiner Weise in den Flussdaten widerspiegeln. (Abb.5) Die Gründe, die zu solch einem niedrigen Gesamtfluss führen können, sind unklar; aus der Literatur ist jedoch bekannt, dass z.B. die hydrodynamischen Gegebenheiten in der Fallentiefe eine unakkurate Aufzeichnung des tatsächlichen Partikelflusses bewirken können (z.B. Buesseler et al., 2007). Aussagen zu den Auswirkungen der im Frühjahr einsetzenden El Niño Bedingungen auf die Partikelflüsse lassen sich auf der Grundlage dieser Daten daher nicht treffen.

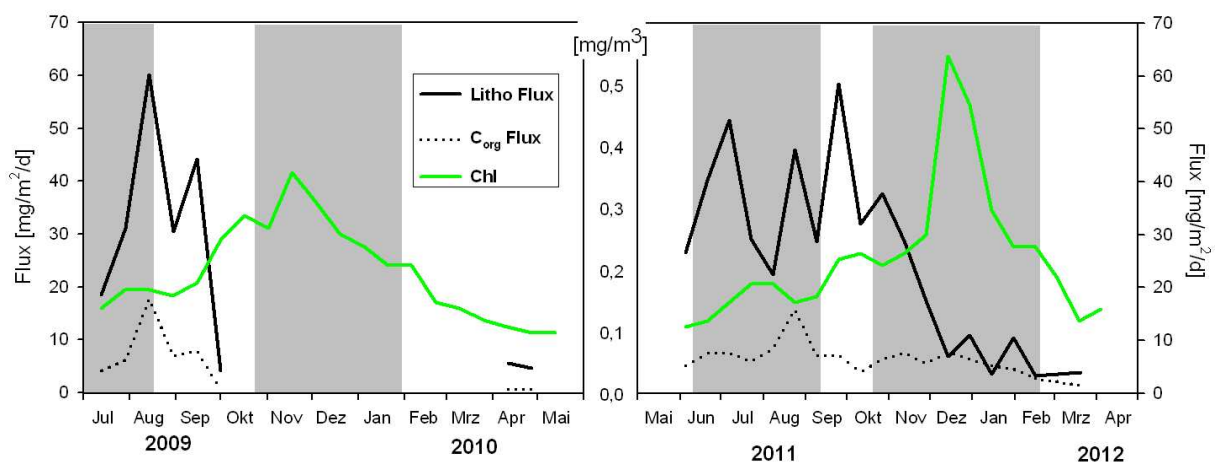


Abb. 5: Zusammenhang zwischen Chlorophyll-a-Konzentrationen an der Meeresoberfläche und dem Partikelfluss von organischen Kohlenstoff (C_{org}) und dem Partikelfluss der Lithogenkomponente.

Die Komponentenflüsse (Abb.6) zeigen ein untereinander ähnliches Muster mit nur geringer Varianz der Zusammensetzung und keinerlei erkennbarem Zusammenhang zwischen Primärproduktion und Flüssen von OM, was den Schluss zulässt, dass es sich bei den eingetragenen Sinkstoffen primär um resuspendiertes, advektiertes Material handelt. Bemerkenswert ist, dass die dipol-induzierten Strömung während des SW-Monsuns bis an die Fallenstation reicht, das wind-induzierte upwelling und die dadurch angekurbelte Primärproduktion sich aber nicht in den Stoffflüssen widerspiegeln. Stattdessen sorgen die hohen Strömungsgeschwindigkeiten aus südwestlicher Richtung für lateralen Eintrag von resuspendiertem Material vom Schelf (Abb.7).

In dem Gesamtpartikelfluss der Verankerung SCS-W02 spiegelt sich die Saisonalität gleichsam nur bedingt wider. Ausgeprägte Maxima sind nicht vorhanden, stattdessen ist der Gesamtpartikelfluss während des SW-Monsuns, des Intermonsuns und NE-Monsuns in der gleichen Größenordnung. Erst im Frühjahrsintermonsun 2012 zeigt sich eine verminderte Sedimentation (Abb. 4).

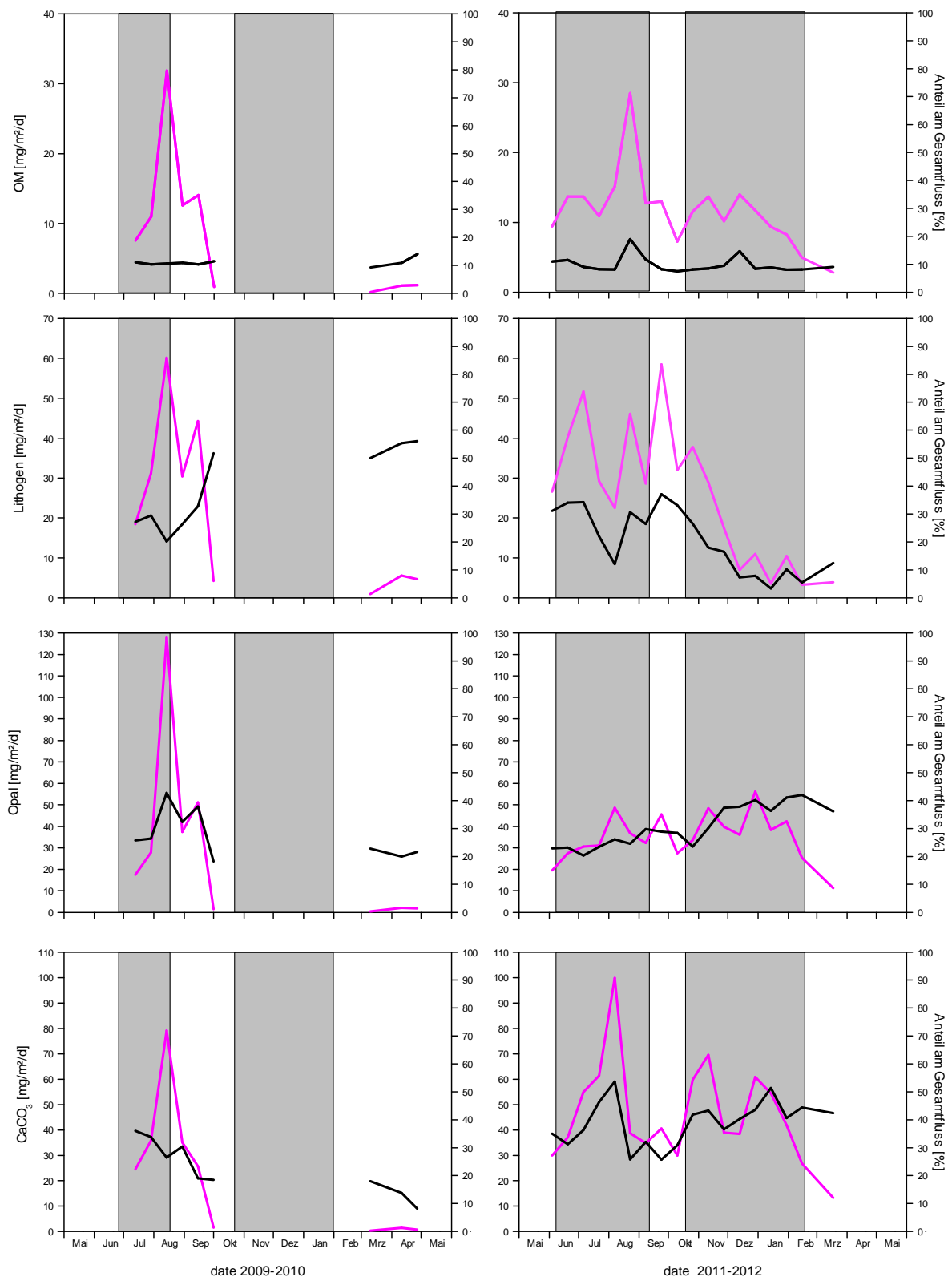


Abb. 6: Komponentenflüsse SCS-W: OM, Lithogen, biogenes Opal und Carbonat absolut und relativ (pink) im Verankerungszeitraum SCS-W01 (links) und SCS-W02 (rechts).

Während des SW-Monsuns 2011 herrscht eine leicht erhöhte Chlorophyll-a-Konzentration in der oberen Wassersäule, was – mit zeitlicher Verzögerung von einem 2-3 Wochen – mit einem erhöhten Fluss von OM einhergeht (Abb. 5). Da sich der Fluss von

Lithogenkomponenten gleichsam erhöht, ist unklar, in wie weit die Komponentenflüsse die Primärproduktionssignale widerspiegeln (Abb.6), wobei anzunehmen ist, dass es sich um ein Mischsignal aus advectierten und primär produzierten Material handelt. Vergleichbar mit der Situation im Jahr 2009 ist davon auszugehen, dass durch vermehrte Eddy-Aktivität der Eintrag von resuspendierten Material gleichfalls erhöht ist (Abb.7).

Während des Herbstintermonsuns wird die monsun-kontrollierte Bimodalität in den Stoffflüssen durch die Querung von Taifunen maskiert (Abb. 8). Die Taifune haben eine Spitzengeschwindigkeit von bis zu 215 km/h und sorgen dafür, dass Sediment vom Schelf resuspendiert wird und in die Falle advectiert wird. Der Lithogenfluss ist dadurch während des Intermonsuns absolut und prozentual erhöht (Abb. 6).

Die hohen Chlorophyll-Konzentrationen an der Meeresoberfläche während des NE-Monsuns resultieren in keinem erhöhten Fluss an OM, wenngleich die Konzentration an biogenem Opal realtiv erhöht ist, was aber darauf zurückzuführen ist, dass vergleichsweise wenig Lithogenkomponenten eingetragen werden (Abb. 5).

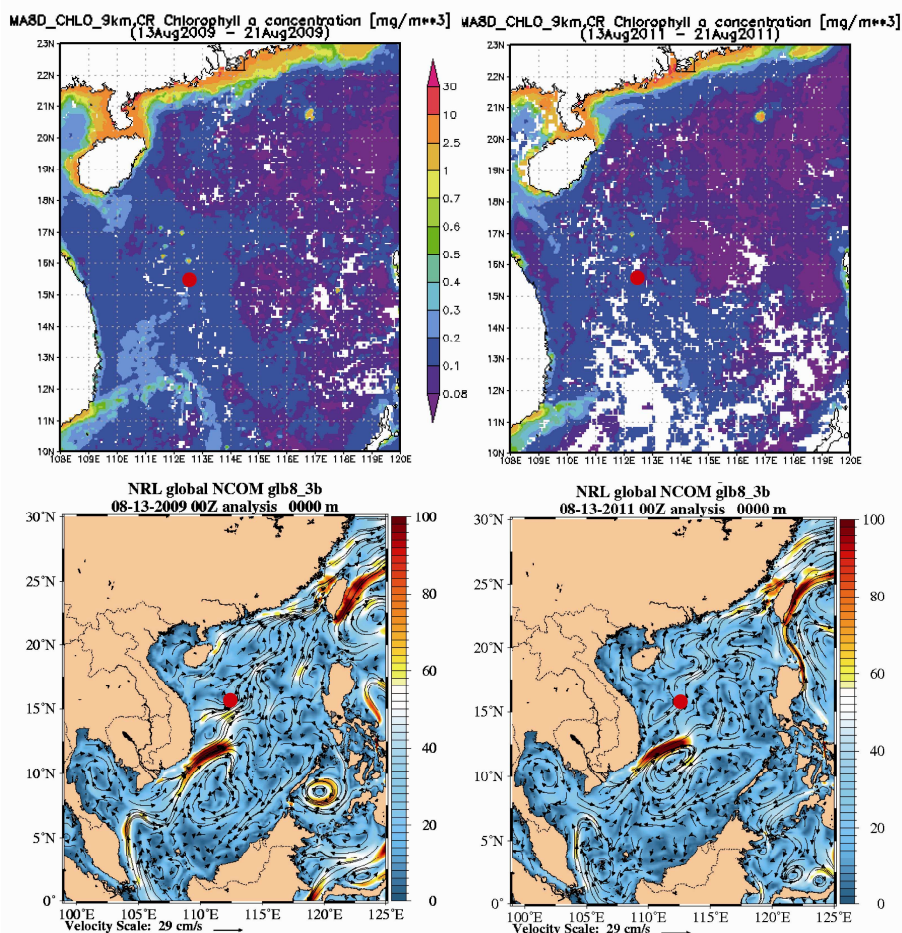


Abb. 7: Chlorophyll-a-Konzentrationen (oben) und Störungsgeschwindigkeiten und -richtungen (unten) während der Hochflussphase während des SE-Monsuns 2009 (links) und 2011 (rechts). Die Fallenstation SCS-W (roter Punkt) wird von den dipol-induzierten Strömungen beeinflusst.

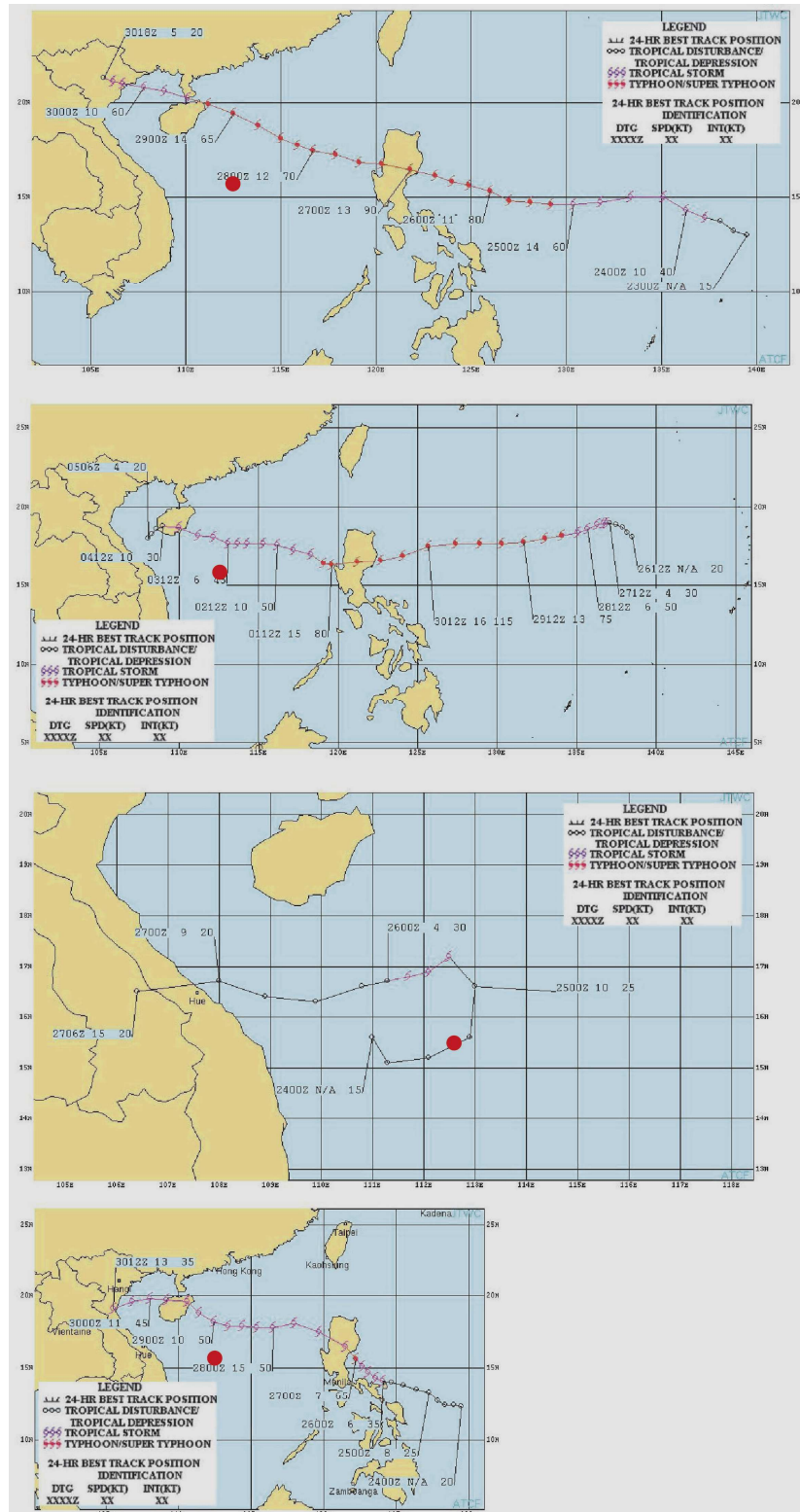


Abb. 8: Verlauf der Taifune während des Intermonsuns 2011 (roter Punkt: Fallenstation SCS-W). Von oben nach unten: Nesat (23.09.2011 – 30.09.2011), Nalgae (26.09.11 bis 05.10.11), Haitang (24.09.11 bis 27.09.11) und Nock Ten (24.07.11 bis 30.07.11).

II.1.2 Partikelflüsse im zentralen Teil der nördlichen Südchina See (SCS-N)

Das Sedimentfallensystem SCS-N03 (18° 31,05'N, 115° 55,25'E) wurde vom 27.06.2009 bis 13.05.2010 verankert, um den Partikelfluss in Intervallen von 16 Tagen aufzuzeichnen. Das

System umfasste drei Sedimentfallen, die sich in den Wassertiefen 1000 m (shallow), 2150 m (middle) und 3200 m (deep) befanden.

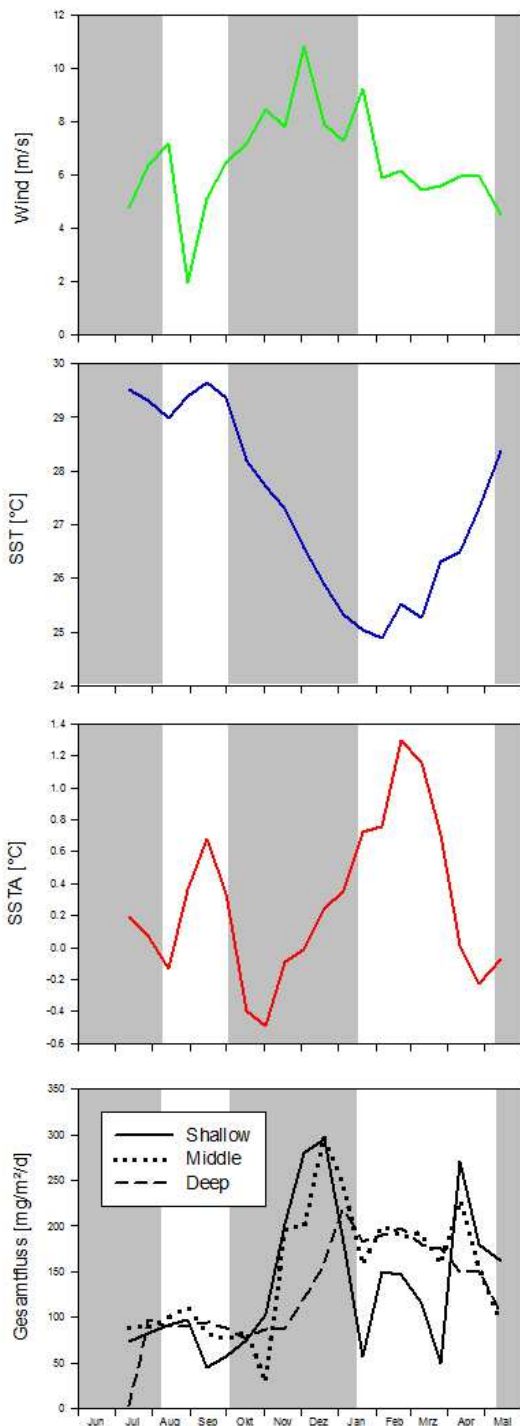


Abb. 9: Die Saisonalität an der Fallenstation SCS-N 2009 – 2010 anhand von Windgeschwindigkeiten, SST, SSTA und Gesamtpartikelfluss. Grau hinterlegt sind die Monsunphasen.

vornehmlich unterhalb der flachen Fallen zum tragen kommt. Die Chlorophyll-a-Konzentrationen an der Fallenstation sind – mit zwei Ausnahmen - während des gesamten Verankerungszeitraums auf einem Niveau von ca. 0,2 mg/m³ (Abb.11). Im September 2009

Abbildung 9 zeigt den Gesamtpartikelfluss und die satelliten-generierten Parameter SST, SSTA und Wind: Die monsunale Saisonalität äußert sich insbesondere durch erhöhte Windgeschwindigkeiten während der Monsunphasen und erhöhter Sedimentation während des NE-Monsuns. Die Meeresoberflächentemperaturen sind in den Intermunsunphasen gegenüber dem langjährigen Mittel zeitweise stark erhöht und sorgen während des Frühjahrintermonsuns, der ungewöhnlich früh einsetzt, für El Niño Bedingungen. Der Partikelfluss in allen drei Fallentiefen zeigen ein ähnliches Muster, wobei die Peaks in den tieferen Fallen meist zeitverzögert um ein Intervall versetzt im Vergleich mit der darüberliegenden Falle auftreten. Die Varianz ist in der flachen Falle am stärksten ausgeprägt; in der mittleren Falle und insbesondere in der tiefen Falle treten die Unterschiede im Gesamtfluss weniger deutlich hervor. Im Gesamtfluss zeigen sich zwei Hochflussphasen, im November/Dezember 2009 und gegen Ende des Frühjahrintermonsuns im April 2010. Die Flussraten während des SW-Monsuns und des Herbstintermonsuns sind um den Faktor 3 geringer als während der Hochflussphase im NE-Monsun.

Die Komponentenflüsse (Abb. 10) zeigen zunächst ein homogenes Muster mit nur geringer Varianz und somit gleichbleibender Zusammensetzung des partikulären Materials, was für einen hohen Anteil an resuspendiertem Material spricht. Erst mit Einsetzen des Frühjahrintermonsuns zeigen sich größere Variationen in der Zusammensetzung. Während sich die Komponentenflüsse der tiefen und mittleren Falle während des Intermunsuns in einer Größenordnung bewegen, zeigt die Sedimentfalle in 1000 m Wassertiefe stärkere Fluktuationen, was sich dadurch begründen lässt, dass die Lateraladvektion zu Beginn des Intermunsuns

und im April 2010 zeigen die erhöhten Konzentrationen vermehrte Primärproduktion an. Die Flüsse an OM und biogenem Opal sind aber zu der Zeit des ersten Peaks nicht erhöht. Ähnlich wie an der Fallenstation SCS-W treten während des Herbstintermonats Taifune auf, die die Fallenstation queren und ein mögliches Signal der Primärproduktion maskieren (Abb. 12). Auch die erhöhte Primärproduktion im April 2010 äußert sich nicht im Komponentenfluss.

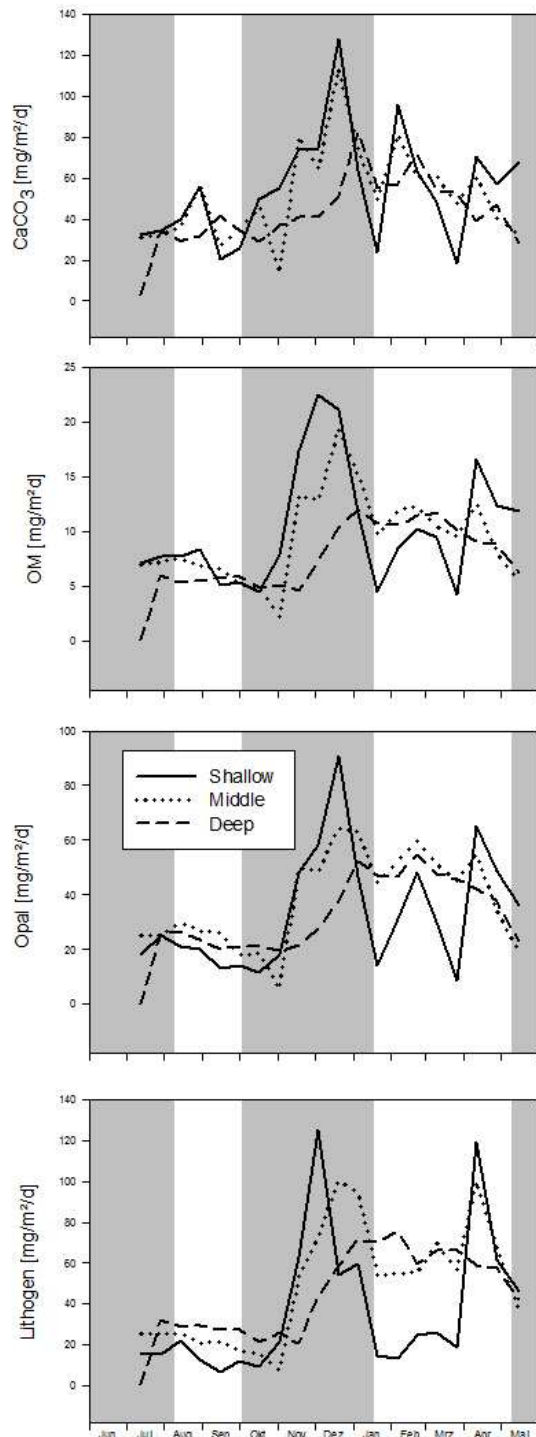


Abb. 10: Komponentenflüsse SCS-N (2009 – 2010): Carbonat, OM, biogenes Opal und Lithogen.

Prozess in allen drei Fallentiefen ist.

Der Degradationsindex zeigt den Abbaugrad des OM an. In Verbindung mit den C_{org} -Partikelflüssen und den Chlorophyll-a-Konzentrationen in der Wassersäule lässt sich eine Abschätzung treffen, ob das OM überwiegend primärproduziert ist oder ob es sich um resuspendiertes Material handelt (Abb.11). Der DI ist in der flachen Falle im Mittel höher – das OM ist weniger stark abgebaut – als in der tiefen Falle, was vorrangig den kürzeren Verweilzeiten in der Wassersäule durch die geringere Absinktiefe geschuldet ist. In der flachen Falle zeigt der DI eine schwache positive Korrelation mit den Partikelflüssen organischer Komponenten. Da der DI aber in gleichem Maße mit den Gesamtpartikel- und Lithogenflüssen korreliert sind bessere Erhaltungszustände des OM vielmehr der kürzeren Verweildauer des OM in der Wassersäule durch höhere Sedimentations- und Strömungsgeschwindigkeiten bei höheren Advektionsraten geschuldet, als ein Signal von Primärproduktion. Das bestätigt sich ferner dadurch, als dass der DI keine Abhängigkeit von den Chlorophyll-a-Konzentrationen zeigt – weder die erhöhte Primärproduktion im September 2009, noch die im April 2010 resultiert in einem signifikant besseren Erhaltungszustand des OM.

Auch in der tiefen Falle zeigt sich, dass der Erhaltungsgrad des OM mit steigenden Sedimentationsraten stets zunimmt, wobei sich jedoch auch ein Zusammenhang mit den Chlorophyll-a-Konzentrationen herstellen lässt. Während der beiden Chlorophyll-a-Peaks ist der DI erhöht, ansonsten folgt der DI den Gesamtfluss- bzw. Lithogenflussraten. Folger lässt sich daraus, dass der Eintrag von resuspendiertem Material der bestimmende

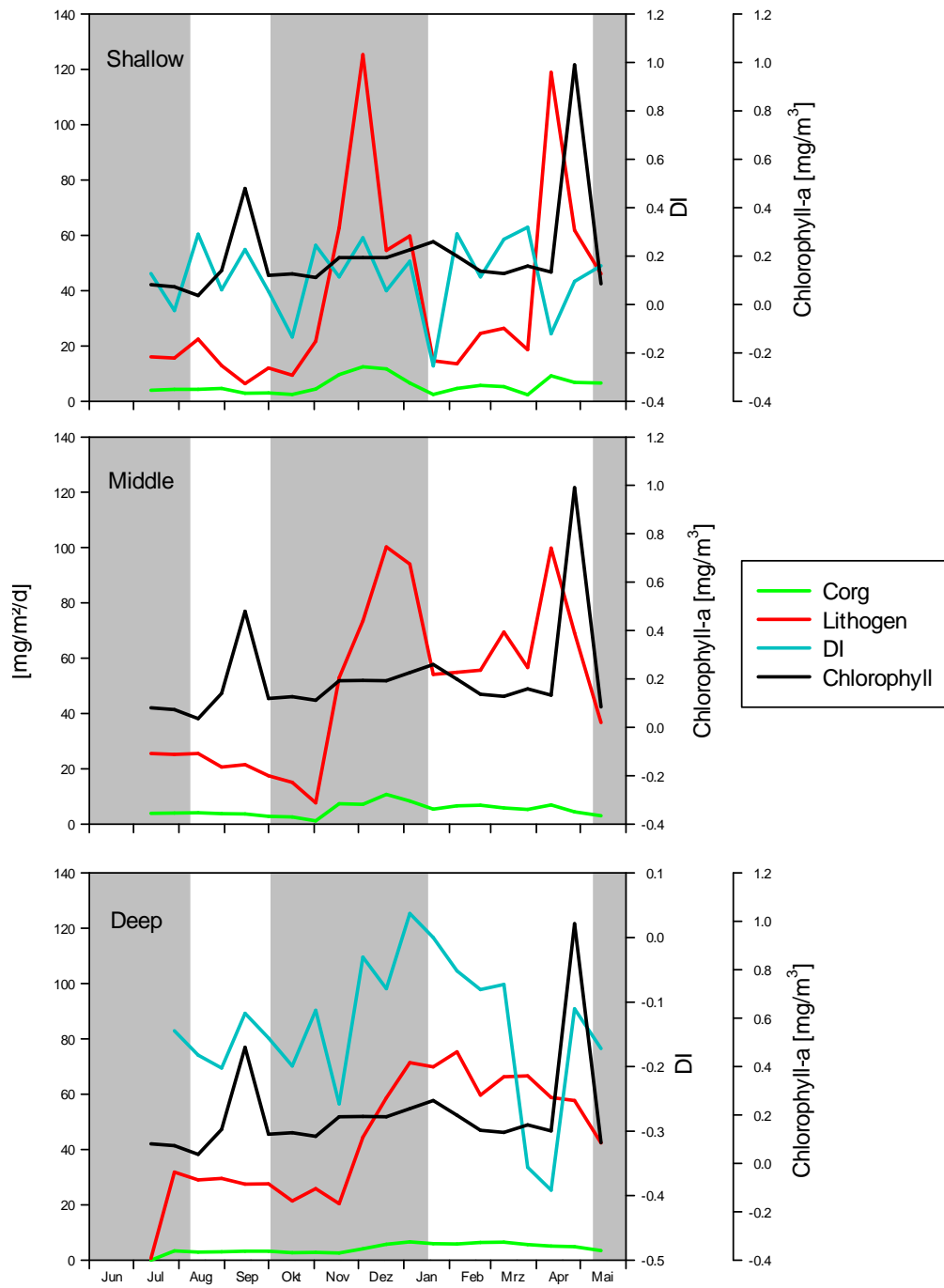


Abb. 11: Gegenüberstellung der Chlorophyll-a-Konzentrationen, Partikelfluss an Lithogen und C_{Org} sowie Degradationsindex (DI) in den drei Fallentiefen.

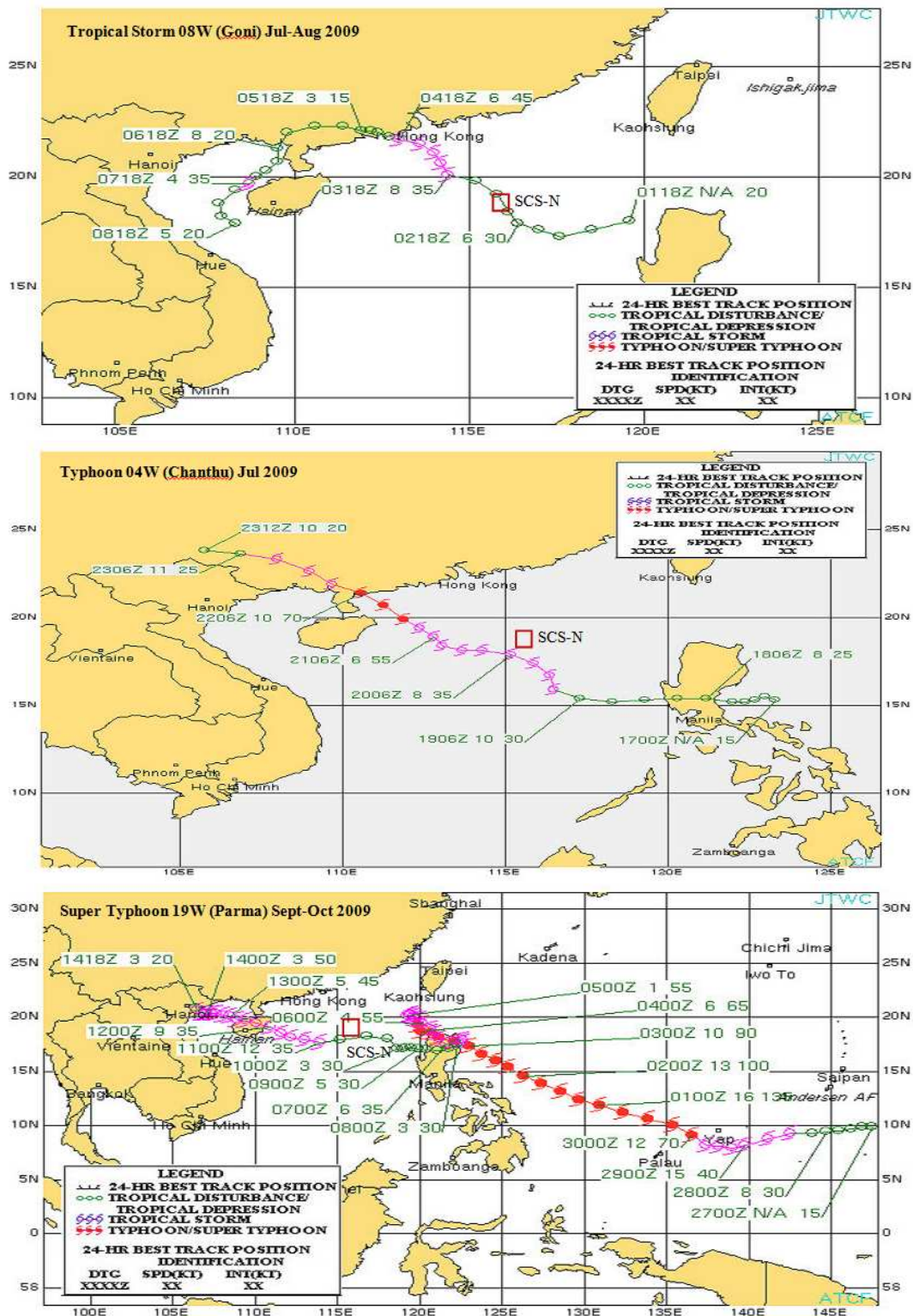


Abb. 12: Taifune queren während des Herbstintermonsuns die Fallenstation (rotes Kästchen) und beeinflussen so maßgeblich das Sedimentationsgeschehen.

Abbildung 13 zeigt, dass die El Niño induzierten Anomalien in den Sinkstoffen während der Monsune in 1987-1988 und 2009-2010 überwiegend in den Flussraten des biogenen Opals liegen, die etwa eine Größenordnung betragen. Demgegenüber sind die Flussraten des organischen Materials unter ENSO-freien Bedingungen um etwa 60 % höher. (Abb. 13).

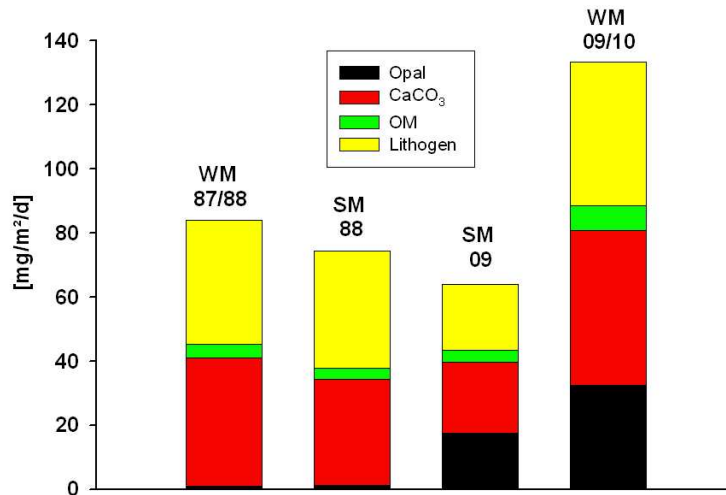


Abb. 13: Balkendiagramm der mittleren Flussraten der Hauptkomponenten des Partikelflusses bei Station SCS-N für den NE-Monsun (WM) und SW-Monsun (SM) während des El Niños in 1987-1988 und bei ENSO neutralen Bedingungen in 2009-2010.

Ein Vergleich der Auszählungen der Diatomeen in den Sinkstoffen bei SCS-N in 1987/1988 und 2009/2010 zeigt die dramatischen Auswirkungen des El Niño Ereignisses in diesem Seegebiet (Abb. 14) weitaus deutlicher: Die Flussraten der Diatomeen sind - einhergehend mit dem Anstieg der Flussraten des biogenen Opals – in 2009-2010 um drei Größenordnungen höher. Offensichtlich führt die vorherrschend stabile Stratifizierung der Wassersäule bei anhaltend hohen Temperaturen und tiefer Nutrikline einer Warmphase zu einer drastischen Reduzierung der Produktivität silikatschaligen Planktons.

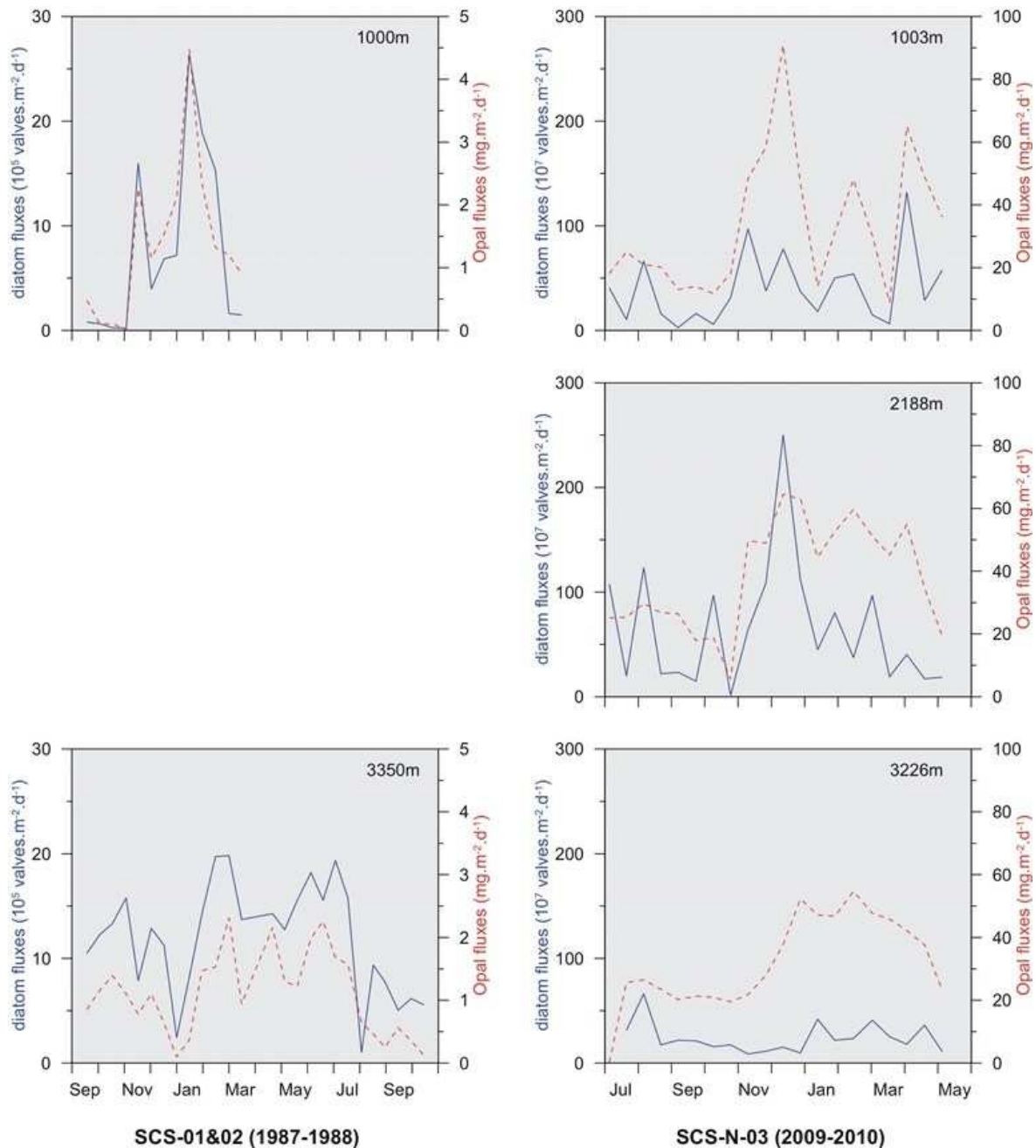


Abb. 14: Vergleich der Flussraten der Diatomeen und des biogenen Opals bei SCS-N während des El Niño in 1987/1988 und unter ENSO-neutralen Bedingungen in 2009-2010.

II.1.3 Indikatoren der Lateraladvektion

Die Verteilung der Seltenen Erden und Spurenelemente der lithogenen Sinkstoffe bei SCS-N und SCS-W zeigen, dass das partikuläre Material weder dem Zhujiang, noch dem Red River oder den vietnamesischen und philippinischen Flüssen eindeutig zugeordnet werden kann; demgegenüber liegen die Schelfsedimente im Wertebereich der Sinkstoffe (Abb. 15).

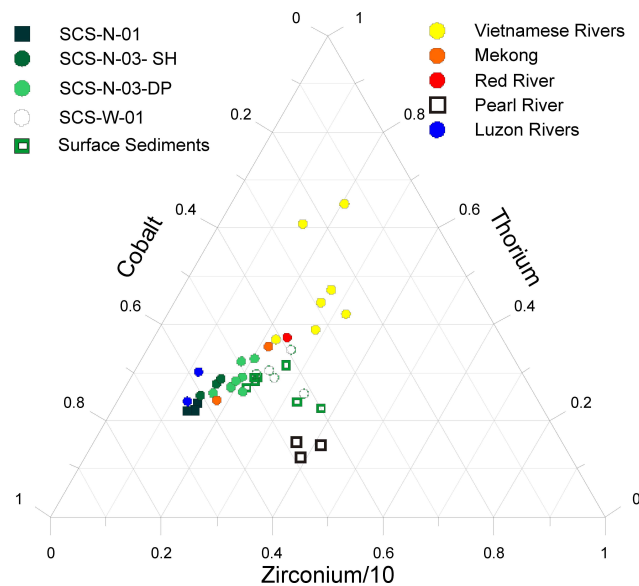


Abb. 15: Verteilung von Cobalt, Thorium und Zirkon in Sinkstoffen bei SCS-N und SCS-W, sowie in den Oberflächensedimenten des nördlichen Schelfs und in den Sedimente und Suspensionen der wichtigsten in das SCS mündenden Flüsse.

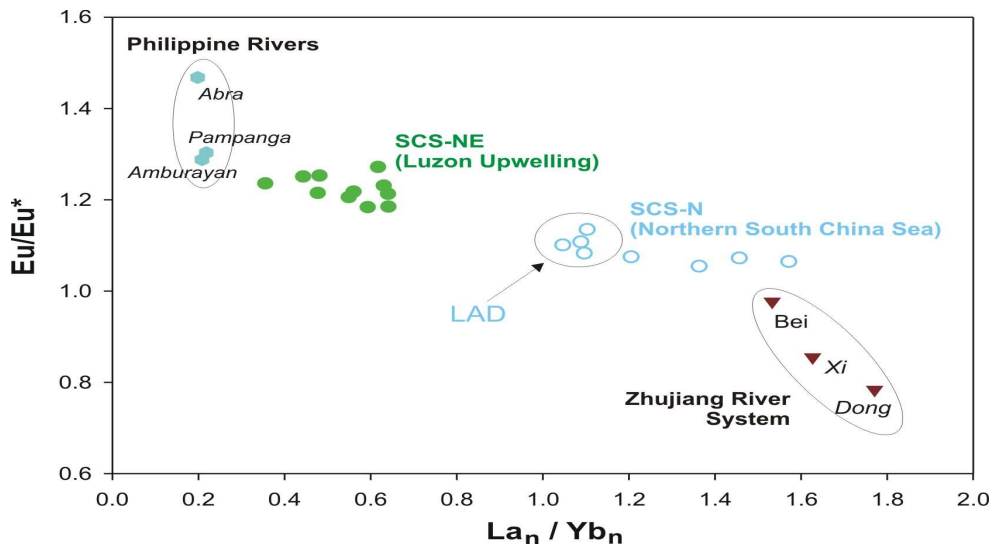


Abb. 16. Europium-Anomalien versus (PAAS-normalisierte) Verhältnisse von Lanthan zu Ytterbium in Sedimenten und Suspension des Zhujiang und in Sinkstoffen bei SCS-N. (LAD: Lateraladvektion) im Vergleich zu Daten der philippinischen Flüsse und Sinkstoffe im Auftriebsgebiet vor Luzon

Weiterhin ist festzustellen, dass sich die Profile der Seltenen Erden während des SW-Monsuns, des NE-Monsuns und der Intermonsunphasen nicht wesentlich unterscheiden (Abb. 16 und 17), d.h. dass während des gesamten Monsunjahres bei unterschiedlichen Strömungsmustern (Abb. 3) nur eine einzige Quelle wirksam zu sein scheint. Dies lässt vermuten, dass es sich bei den lithogenen Partikeln um resuspendiertes Material des Schelfs oder oberen Kontinentalhanges handelt. Dafür spricht auch die Neodym-Isotopie der Sinkstoffe und Schelfsedimente (Abb. 18) und der mikopaläontologische Befund, dass bei SCS-N während des NE-Monsuns 2009/2010 in den Diatomeenassoziationen eine fossile Nitzschia-Spezies des Spätpleistozäns gefunden wurde (*Nitzschia interruptestriata*). Sedimente entsprechenden Alters finden sich als Relikte auf dem äußeren Schelf der nördlichen SCS (Lüdmann et al., 2001; siehe Abb. 19)

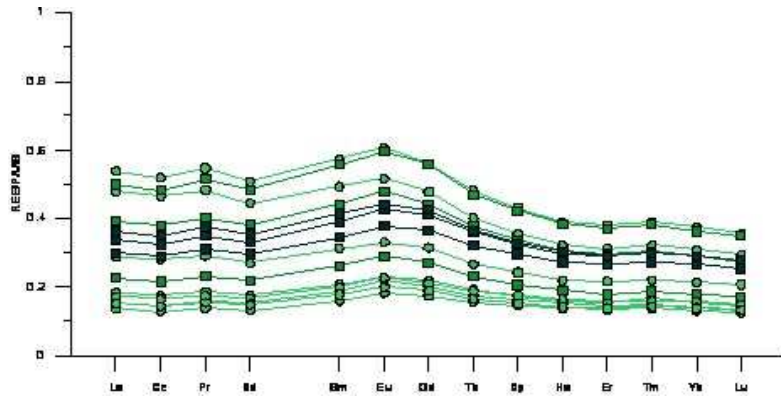


Abb. 17: PAAS-normierte Profile der Seltenen Erden in Sinkstoffen bei SCS-N (Kreise) und SCS-W (Quadrate) für die Monsune und Intermonsunezeiten in 2009-2010

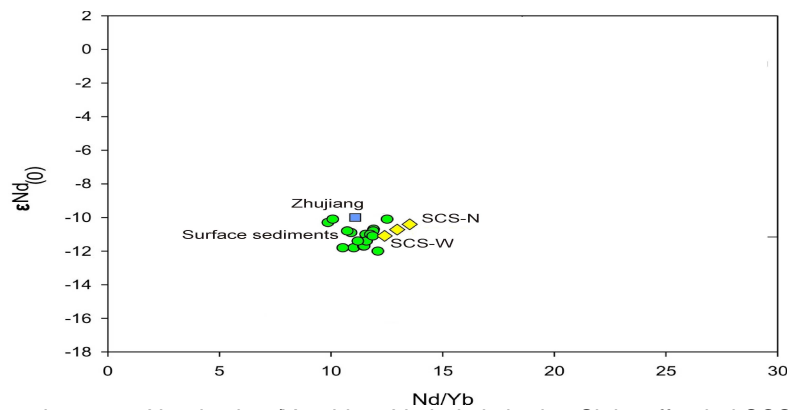


Abb. 18: Neodymisotopie versus Neodymium/Ytterbium-Verhältnis in den Sinkstoffen bei SCS- und SCS-W sowie in der Oberflächensedimenten des nördlichen Schelfs und in der Suspension des Zhujiang.

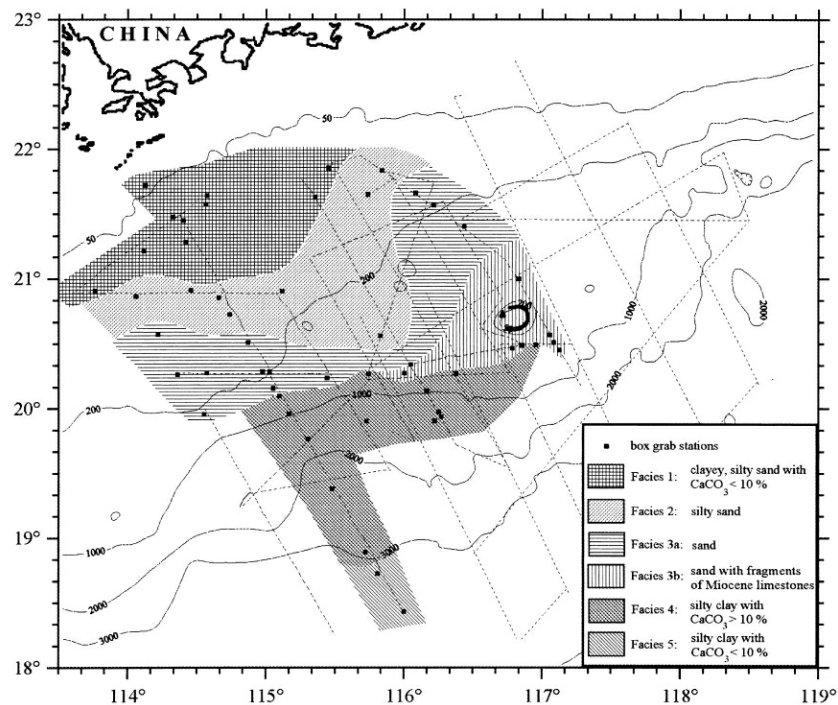


Abb 19. Faziesverteilung der Sedimente auf dem Schelf und oberen Kontinentalhang der nördlichen Südchina See (bei Fazies 3A handelt es um reliktsche Sande spätleistozänen Alters; aus Lüdmann et al., 2001).

II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises, sowie Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises umfassen die Personalkosten für die Doktorandenstelle und die Sachkosten für die Teilnahme an den Forschungsfahrten zur

Bergung und Auslegung der Sedimentfallensysteme sowie die für die Sedimentfallenoperationen und die Analyse des gewonnenen Probenmaterials erforderlichen Verbrauchsmittel. Der jährliche Zuschuss für Verbrauchs-, Transport- und Reisemittel, der aus dem Haushalt des Instituts für Biogeochemie und Meereschemie für das Vorhaben bereit gestellt werden kann, beträgt 2.000,00 €. Weitere Eigenmittel standen zur Durchführung des Projekts nicht zur Verfügung und begründen die Notwendigkeit der Zuwendung zur Realisierung des Vorhabens. Da die Sedimentfallenverankerungen im zweiten Jahr der Projektlaufzeit aufgrund der vorherrschenden Schlechtwetterbedingungen nicht geborgen und erneut ausgelegt werden konnten, wurden die dazu eingeworbenen Mittel vollständig rückerstattet. Die für die Analysen der Sinkstoffe in 2010 vorgesehenen Sachmittel wurden jedoch genutzt, um das Sedimentfallenmaterial, das an der Station SCS-N in 1987-1988 gewonnen wurde zu analysieren bzw. mit neueren Methoden zu untersuchen, die den damaligen Bearbeitern nicht zur Verfügung standen bzw. nicht durchgeführt wurden im Rahmen des SINOFLUX-Projekts aber zur Anwendung kamen. Zudem wurden Suspensionen und Sedimente der in die nördliche SCS mündenden Flüsse beprobt; Oberflächensedimente der Sonne Fahrten 50, 72A und 95 wurden in die Untersuchungen integriert. Die damit geleistete Arbeit war notwendig und dem Ziel des Vorhabens angemessen, um detaillierte Informationen über mögliche Quellen lateraler Advektion zu gewinnen. Grund dafür war, dass unsere Untersuchungen vor Vietnam und dem Sunda-Schelf die Bedeutung lateraler Advektionsprozesse für das Sedimentationsgeschehen im Südchinesischen Meer aufzeigen konnten und damit die Schwierigkeit bei gegebener Lokation paläoklimatische und paläozeanographische Verhältnisse zumindest auf kurzen Zeitskalen zu rekonstruieren.

II.3 Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des Verwertungsplans

Die gewonnenen Informationen zu den Auswirkungen des ENSO-Monsun System auf die Stoffflüsse im der nördlichen Südchina See sind ein notwendiger Beitrag für die Prognose zukünftiger Entwicklungen und sollen die Bemühungen der regionalen und nationalen Behörden in China um die Entwicklung nachhaltiger Managementkonzepte und die Vermeidung destruktiver Entwicklungen (z.B. im Rahmen der Fischerei) durch die Bereitstellung wissenschaftlicher Grundlageninformation unterstützen.

Die Ergebnisse dienen im Weiteren der Erstellung einer Datenbasis für Präventiv- und Schutzmaßnahmen gegenüber natürlichen geologischen Gefährdungen wie die prognostizierte Zunahme in der Frequenz und Amplitude von ENSO-Ereignissen und Taifunen in der Küsten- und Schelfregion Südchinas und als Planungsgrundlage bei Nutzungskonflikten zwischen aufstrebendem Tourismus und anderen wirtschaftlichen Interessen, wie der Entnahme mineralischer Ressourcen für eine nachhaltige Entwicklung dieser Meeresregion. Sie werden - aufgrund der Sprachbarriere - von unserem chinesischen Partner formuliert und den regionalen und nationalen Behörden (u.a. der State Oceanic Administration) als Grundlage für Managementmaßnahmen zur Verfügung gestellt.

II.4 Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen sind weder uns noch unserem chinesischen Partner während der Projektlaufzeit aus der Literatur bekannt geworden.

I.5 Veröffentlichungen

Die Ergebnisse werden gemeinschaftlich in international anerkannten Fachzeitschriften veröffentlicht, entsprechende Manuskripte sind in Bearbeitung. Ergebnisse zur Verteilung der Seltenen Erden in den Sinkstoffen, Quellenindizierung und Bedeutung der Lateraladvektion in der nördlichen Südchina See werden auf dem 5th International Workshop on Fluvial Sediment Supply to the South China Sea (13.-16.11.2012, Bandung; Indonesien) präsentiert. Zudem wurden Teile der Ergebnisse in einen Vortrag auf der internationalen Tagung der Geologischen Vereinigung in Hamburg (23.-28-09.2012) eingebracht (M.G. Wiesner: Impact of the ENSO-monsoon system in the Vietnam and Sunda Upwelling). Im Weiteren stehen aus dem Projekt eine Bachelor-Arbeit (L. Narman: Partikelfluss im westlichen Südchinesischen Meer) und eine Master-Arbeit (T. Teschner: Partikelfluss im nördlichen Südchinesischen Meer während des El Niño 2009/2010) vor dem Abschluss. SINOFLUX beinhaltet neben der direkt aus dem Projekt finanzierten Doktorandenstelle eine weitere Doktorandenstelle, die als Promotion mit binationaler Betreuung im Rahmen eines Cotutellevertrages zwischen der Universität Hamburg und der Tongji Universität in Shanghai von chinesischer Seite finanziert wird. Während der in Hamburg verortete Doktorand (Dipl.-Geol. Marc Metzke) auf die organische Fraktion der Sinkstoffe fokussiert, beschäftigt sich die deutsche Doktorandin (Dipl.-Geol. Annette Heddaeus) in Shanghai mit den anorganisch-geochemischen und mineralogischen Bestandteilen. Beide Doktorarbeiten sind noch nicht abgeschlossen.

II.6 Literaturangaben

- Buesseler, K. O., Antia, A. N., Chen, M., Fowler, S. W., Gardner, W. D., Gustafsson, O., Harada, K., Michaels, A. F., van der Loeff, M. R., Sarin, M., Steinberg, D. K., Trull, T. (2007). An assessment of the use of sediment traps for estimating upper ocean particle fluxes. *Journal of Marine Research* 65(3): 345-416.
- Chavez, F.P., Strutton, P.G., Friederich, G.E., Feely, R.A., Feleuran, G.C., Foley, D.G., and McPhaden, M.J. (1999). Biological and chemical response of the equatorial Pacific Ocean to the 1997-1998 El Niño. *Science*, 286, 2126-2131.
- Chen J., Chen R., Wiesner, M.G., and Zheng, L. (2000). Amino acids, amino sugars and carbohydrates in settling planktonic tests and their implications in the South China Sea. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 31: 596-603.
- Chen, J., Wiesner, M.G., Wong, H.K., Zheng, L., Xu, L., and Zheng, S. (1999). Vertical changes in POC flux and indicators of early degradation of organic matter in the South China Sea. *Science in China*, 42: 120-128.
- Chen J., Zheng, L., and Wiesner, M.G. (1998a). Fluxes and constituents of particulate matter in the South China Sea in comparison with sediment accumulation rates. *Acta Sedimentologica Sinica*, 16, 9-14
- Chen, J., Zheng, L., Wiesner, M.G., Chen, R., Zheng, Y., and Wong, H.K. (1998b). Estimation of primary production and export production in the South China Sea based on sediment trap experiments. *Chinese Science Bulletin*, 43, 583-585.
- Chen R., Zheng Y., Wiesner M.G., Jin H., Zhao Q., Zheng L., and Cheng X. (2006). Seasonal and interannual variations in the fluxes of sinking particulates in 1993-1996 in the central South China Sea. *Acta Oceanologica*
- Fernando, A.G.S., Peleo-Alampay, A.M., and Wiesner, M.G. (2007). Calcareous nannofossils in surface sediments of the eastern and western South China Sea. *Marine Micropaleontology*, 66, 1-26.
- Gao, Y., Kaufman, Y.J., Tanre, D., Kolber, D., and Falkowski, P.G. (2001). Seasonal distributions of aeolian iron fluxes to the global ocean. *Geophys. Res. Lett.*, 28, 29-32
- Gaye, B., Wiesner, M.G., Lahajnar, N. (2009). Nitrogen sources in the South China Sea as discerned from stable nitrogen isotopic ratios in sinking particles and sediments. *Marine Chemistry* 114 (3-4), 72-85.
- Glantz, M.H. (1996). ENSO and Extreme Events in Southeast Asia. U.N. Environment Programme Workshop Report, 23-26 October 1995, Ho Chi Minh City, Vietnam. National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, 36pp.
- Haeckel, M., van Beusekom, J., Wiesner, M.G., and König, I. (2001). The impact of the 1991 Mount Pinatubo tephra fallout on the geochemical environment of the deep-sea sediments in the South China Sea. *Earth and Planetary Science Letters*, 193, 151-166.
- Hung, J.-J., Wang, S.-M., Chen, Y.-L., 2007: Biogeochemical controls on distributions and fluxes of dissolved and particulate organic carbon in the Northern South China Sea. *Deep-Sea Research* 54, 1486-1503.
- Ittekkot, V., Nair, R.R., Haake, B., Bartsch, M., and Salge, U. (1990a). Sedimentfallen-Untersuchungen im nördlichen Indischen Ozean. *Die Geowissenschaften*, 7, 192-197.
- Ittekkot, V., Haake, B., and Wiesner, M.G. (1990b). Organic-mineral interactions in the sea: implications for atmospheric CO₂-transfer to the deep ocean. *Mitt.Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg*, 69, 167-175.

- Ittekkot, V., Haake, B., Bartsch, M., Nair, R.R., and Ramaswamy, V. (1992). Organic carbon removal in the sea: the continental connection, in *Upwelling Systems: Evolution Since the Early Miocene* (eds. Summerhayes, C.P., Prell, W.L. and Emeis, K.C.) Geological Society Special Publication, 64, 167-176.
- Jennerjahn, T.C., Liebezeit, G., Kempe, S., Xu, L., Chen, W., and Wong, H.K. (1992). Particle flux in the northern South China Sea, in *Marine Geology and Geophysics of the South China Sea* (eds. Jin, X., Kudrass, H.R., and Pautot, G.), pp. 228-235, China Ocean Press, Qingdao.
- Jing, Z.Y., Hua, Z.L., Qi, Y.Q., and Zhang, H. (2007). Summer upwelling in the northern continental shelf of the South China Sea. 16th Australasian Fluid Mechanics Conference, Crown Plaza, Gold Coast Australia, Book of Abstracts, 782-785.
- Kelly, M., Granich, S., and Nguyen H.N. (2000). The Impact of El Niño and La Niña on Southeast Asia. Indochina Global Change Network Workshop Report, 21-23 February 2000, Hanoi, Vietnam. CERED, Center for Environment, Research, Education and Development, Hanoi, Vietnam, 96 pp.
- Lahajnar, N., Wiesner, M.G., and Gaye, B. (2007). Fluxes of amino acids and hexoamines to the deep South China Sea. *Deep-Sea Res.*, 54, 2120-2144.
- Lin, H.-H., Wang, W.-C., Hung, G.-C., 2004: Seasonal variation of planktonic foraminiferal isotopic composition from the sediment traps in the South China Sea. *Marine Micropaleontology* 53, 447-460.
- Lin, I.-I., Chen, J.-P., Wong, G.T.F., Huang, C.-W., and Lien, C.-C. (2007) Aerosol input to the South China Sea: Results from the MODerate Resolution Imaging Spectro-radiometer, the Quick Scatterometer, and the Measurements of Pollution in the Troposphere SWensor. *Deep-Sea Res.*, 54, 1589-1601.
- Liu, K.-K., Chao, S.-Y., Shaw, P.-T., Gong, G.-C., Chen, C.-C. and Tang, T.-Y. (2002). Monsoon-forced chlorophyll distribution and primary production in the South China Sea: observations and a numerical study. *Deep-Sea Res.*, 49, 1387-1412.
- Liu, K.K., Kao, S.-J., Hu, H.-C., Chou, W.-C., Hung, G.-W., Tseng, C.-M., 2007: Carbon isotopic composition of suspended and sinking particulate organic matter in the northern South China Sea – From production to deposition. *Deep-Sea Research* 54, 1504-1527.
- Lüdmann, T., Wong, H.K., and Wang, P.X. (2001). Plio-Quaternary sedimentation processes and neotectonics of the northern continental margin of the South China Sea. *Marine Geology* 172, 331-358.
- Nicholls, N. (1993). ENSO, drought and flooding rain in Southeast Asia, in *Southeast Asia's Environmental Future: The Search for Sustainability* (eds. Brookfield, H. and Byron, Y.), United Nations University Press and
- Wiesner, M.G., Wang, Y., and Zheng, L. (1995). Fallout of volcanic ash to the deep South China Sea induced by the 1991 eruption of Mount Pinatubo. *Geology*, 23, 885-888.
- Wiesner, M.G. and Wang, Y. (1996). Dispersal of the 1991 Pinatubo tephra in the South China Sea, in *Fire and Mud: Eruptions and Lahars of Mount Pinatubo, Philippines* (eds. Newhall, C.G. and Punongbayan, R.S.), Philippine Institute of Volcanology and Seismology, Quezon City and University of Washington Press, Seattle, London, 537-543.
- Wiesner, M.G., Zheng, L., Wong, H.K., Wang, Y. and Chen., W. (1996). Fluxes of particulate matter in the South China Sea, in *Particle Flux in the Ocean* (eds. Ittekkot, V., Schäfer, P., Honjo, S. and Depetris, P.J.), SCOPE-Report, 57, 293-312, Wiley & Sons, Chichester.
- Wiesner, M.G., Wetzell, A., Catane, S.G., Listanco, E.L., and Mirabueno, H.T. (2004). Grain size, areal thickness distribution and controls on sedimentation of the 1991 Mt. Pinatubo tephra layer in the South China Sea. *Bulletin of Volcanology*, 66, 226-242

IV Anhang

Sample No.	Interval	Duration [days]	Total flux [mg/m ² /d]	Tot.C flux [mg/m ² /d]	Tot.N flux [mg/m ² /d]	Corg flux [mg/m ² /d]	Org. Mat. flux [mg/m ² /d]	CaCO ₃ flux [mg/m ² /d]	Opal flux [mg/m ² /d]	Lith. Mat. flux [mg/m ² /d]
W-01 #01	27.06.2009-13.07.2009	16	68,02	7,13	0,43	4,20	7,55	24,48	17,53	18,45
W-01 #02	14.07.2009-29.07.2009	16	105,74	10,38	0,72	6,09	10,96	35,73	27,89	31,15
W-01 #03	30.07.2009-14.08.2009	16	298,98	27,20	2,18	17,71	31,88	79,09	127,85	60,15
W-01 #04	15.08.2009-30.08.2009	16	115,48	11,20	0,70	6,99	12,59	35,10	37,38	30,42
W-01 #05	31.08.2009-15.09.2009	16	135,25	10,90	0,84	7,81	14,06	25,71	51,19	44,29
W-01 #06	16.09.2009-01.10.2009	16	8,16	0,70	0,06	0,52	0,94	1,51	1,48	4,22
W-01 #07	02.10.2009-17.10.2009	16	0,84							
W-01 #08	18.10.2009-02.11.2009	16	0,28							
W-01 #09	03.11.2009-18.11.2009	16	0,21							
W-01 #10	19.11.2009-04.12.2009	16	0,05							
W-01 #11	05.12.2009-20.12.2009	16	0,37							
W-01 #12	21.12.2009-05.01.2010	16	0,20							
W-01 #13	06.01.2010-21.01.2010	16	0,11							
W-01 #14	22.01.2010-06.02.2010	16	0,15							
W-01 #15	07.02.2010-22.02.2010	16	0,12							
W-01 #16	23.02.2010-10.03.2010	16	29,77	0,13	0,01	0,09	0,17	0,32	0,41	0,90
W-01 #17	11.03.2010-26.03.2010	16	1,79							
W-01 #18	27.03.2010-11.04.2010	16	10,08	0,78	0,08	0,61	1,10	1,39	2,01	5,58
W-01 #19	12.04.2010-27.04.2010	16	8,31	0,73	0,07	0,65	1,17	0,68	1,79	4,66
W-01 #20	28.04.2010-13.05.2010	16	0,49							

Sample No.	Tot. C [%]	Tot. N [%]	Corg [%]	Org.Mat [%]	Ccarb [%]	CaCO3 [%]	Corg/Ccarb	CaCO3/Opal	C/N	Opal [%]	Lith.Mat. [%]	SST [°C]	wind mean [m/s]	Chl a [mg/m³]
W-01 #01	10,49	0,64	6,17	11,11	4,32	36,00	1,43	1,40	11,27	25,77	27,13	29,52	4,72	0,14
W-01 #02	9,81	0,68	5,76	10,37	4,06	33,79	1,42	1,28	9,83	26,38	29,46	29,08	5,52	0,17
W-01 #03	9,10	0,73	5,92	10,66	3,17	26,45	1,87	0,62	9,48	42,76	20,12	28,97	6,76	0,17
W-01 #04	9,70	0,60	6,06	10,90	3,65	30,39	1,66	0,94	11,68	32,36	26,34	29,10	1,86	0,16
W-01 #05	8,06	0,62	5,77	10,39	2,28	19,01	2,53	0,50	10,85	37,85	32,75	29,08	4,65	0,18
W-01 #06	8,61	0,78	6,39	11,50	2,22	18,50	2,88	1,02	9,57	18,20	51,81	28,90	5,86	0,25
W-01 #07												27,56	4,96	0,29
W-01 #08												27,44	7,50	0,27
W-01 #09												26,59	7,19	0,36
W-01 #10												26,48	10,21	0,31
W-01 #11												26,31	7,29	0,26
W-01 #12												26,19	6,57	0,24
W-01 #13												25,97	9,02	0,21
W-01 #14												26,13	6,02	0,21
W-01 #15												26,62	6,41	0,15
W-01 #16	7,30	0,68	5,14	9,25	2,16	18,02	2,38	0,79	8,78	22,75	49,98	26,88	6,16	0,14
W-01 #17												27,19	5,97	0,12
W-01 #18	7,73	0,75	6,07	10,93	1,65	13,76	3,68	0,69	9,50	19,98	55,32	27,88	5,78	0,11
W-01 #19	8,81	0,89	7,82	14,08	0,99	8,23	7,92	0,38	10,24	21,59	56,09	28,50	5,68	0,10
W-01 #20												29,52	4,61	0,10

Sample No.	Interval	Interval	Duration	Total flux	Tot.C flux	Tot.N flux	Corg flux	Org. Mat. flux	CaCO3 flux
	Start	End	[days]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]
N_03_shw_01	06/27/09	07/13/09	16	73.44	7.84	0.54	3.98	7.17	32.12
N_03_shw_02	07/13/09	07/29/09	16	82.52	8.42	0.59	4.32	7.77	34.16
N_03_shw_03	07/29/09	08/14/09	16	90.87	9.07	0.62	4.30	7.74	39.75
N_03_shw_04	08/14/09	08/30/09	16	97.22	11.34	0.65	4.65	8.38	55.73
N_03_shw_05	08/30/09	09/15/09	16	45.37	5.35	0.43	2.87	5.16	20.70
N_03_shw_06	09/15/09	10/01/09	16	56.86	6.03	0.42	2.96	5.33	25.53
N_03_shw_07	10/01/09	10/17/09	16	75.55	8.46	0.37	2.47	4.45	49.91
N_03_shw_08	10/17/09	11/02/09	16	102.88	11.01	0.63	4.39	7.91	55.16
N_03_shw_09	11/02/09	11/18/09	16	202.30	18.50	1.37	9.63	17.34	73.86
N_03_shw_10	11/18/09	12/04/09	16	280.64	21.42	2.02	12.48	22.47	74.46
N_03_shw_11	12/04/09	12/20/09	16	294.74	27.14	1.69	11.76	21.16	128.18
N_03_shw_12	12/20/09	01/05/10	16	181.86	14.17	0.92	6.55	11.79	63.54
N_03_shw_13	01/05/10	01/21/10	16	56.90	5.32	0.38	2.47	4.45	23.76
N_03_shw_14	01/21/10	02/06/10	16	149.45	16.25	0.72	4.69	8.44	96.33
N_03_shw_15	02/06/10	02/22/10	16	146.32	13.32	0.81	5.72	10.29	63.39
N_03_shw_16	02/22/10	03/10/10	16	114.81	11.13	0.80	5.28	9.51	48.73
N_03_shw_17	26 Mar 10	03/26/10	16	50.12	4.55	0.35	2.35	4.23	18.34
N_03_shw_18	03/26/10	04/11/10	16	271.24	17.69	1.38	9.21	16.58	70.66
N_03_shw_19	04/11/10	04/27/10	16	180.30	13.71	0.99	6.84	12.31	57.27
N_03_shw_20	04/27/10	05/13/10	16	162.07	14.75	0.97	6.60	11.88	67.92
Sample No.	Interval	Interval	Duration	Total flux	Tot.C flux	Tot.N flux	Corg flux	Org. Mat. flux	CaCO3 flux
	Start	End	[days]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]
N_03_mid_01	06/27/09	07/13/09	16	88.89	7.64	0.34	3.90	7.02	31.16
N_03_mid_02	07/13/09	07/29/09	16	89.99	7.87	0.36	4.01	7.22	32.16
N_03_mid_03	07/29/09	08/14/09	16	99.05	8.53	0.37	4.18	7.52	36.25
N_03_mid_04	08/14/09	08/30/09	16	111.54	10.71	0.29	3.85	6.93	57.14
N_03_mid_05	08/30/09	09/15/09	16	81.51	6.92	0.32	3.69	6.63	26.95
N_03_mid_06	09/15/09	10/01/09	16	75.95	7.11	0.23	2.87	5.16	35.33
N_03_mid_07	10/01/09	10/17/09	16	85.06	8.23	0.18	2.67	4.80	46.32
N_03_mid_08	10/17/09	11/02/09	16	29.37	2.91	0.13	1.25	2.25	13.84
N_03_mid_09	11/02/09	11/18/09	16	196.24	17.04	0.60	7.40	13.31	80.33
N_03_mid_10	11/18/09	12/04/09	16	200.09	14.93	0.60	7.15	12.87	64.84
N_03_mid_11	12/04/09	12/20/09	16	297.63	24.39	1.44	10.77	19.39	113.50
N_03_mid_12	12/20/09	01/05/10	16	245.66	17.24	1.13	8.41	15.14	73.51
N_03_mid_13	01/05/10	01/21/10	16	157.98	11.34	0.74	5.38	9.68	49.68
N_03_mid_14	01/21/10	02/06/10	16	200.77	16.40	0.92	6.63	11.93	81.38
N_03_mid_15	02/06/10	02/22/10	16	187.96	14.07	0.94	6.83	12.30	60.33
N_03_mid_16	02/22/10	03/10/10	16	191.78	13.08	0.83	5.81	10.46	60.62
N_03_mid_17	03/10/10	03/26/10	16	159.04	11.06	0.75	5.34	9.62	47.62
N_03_mid_18	03/26/10	04/11/10	16	227.75	14.20	0.97	6.94	12.49	60.55
N_03_mid_19	04/11/10	04/27/10	16	152.52	9.41	0.63	4.53	8.16	40.64
N_03_mid_20	04/27/10	05/13/10	16	94.21	6.98	0.43	3.08	5.54	32.49
Sample No.	Interval	Interval	Duration	Total flux	Tot.C flux	Tot.N flux	Corg flux	Org. Mat. flux	CaCO3 flux
	Start	End	[days]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]
N_03_dp_01	06/27/09	07/13/09	16	3.70	0.39	0.00	0.06	0.11	2.76
N_03_dp_02	07/13/09	07/29/09	16	97.60	7.41	0.34	3.31	5.95	34.17
N_03_dp_03	07/29/09	08/14/09	16	90.24	6.50	0.26	2.98	5.37	29.35
N_03_dp_04	08/14/09	08/30/09	16	90.68	6.91	0.30	3.06	5.51	32.04
N_03_dp_05	08/30/09	09/15/09	16	95.04	8.20	0.29	3.20	5.76	41.61
N_03_dp_06	09/15/09	10/01/09	16	89.10	7.36	0.28	3.25	5.84	34.32
N_03_dp_07	10/01/09	10/17/09	16	76.42	6.24	0.24	2.74	4.93	29.16
N_03_dp_08	10/17/09	11/02/09	16	87.40	7.28	0.23	2.86	5.14	36.89
N_03_dp_09	11/02/09	11/18/09	16	87.85	7.50	0.18	2.59	4.65	40.98
N_03_dp_10	11/18/09	12/04/09	16	121.18	9.06	0.34	4.09	7.37	41.41
N_03_dp_11	12/04/09	12/20/09	16	158.18	11.92	0.47	5.75	10.34	51.43
N_03_dp_12	12/20/09	01/05/10	16	218.05	16.55	0.47	6.67	12.00	82.36
N_03_dp_13	01/05/10	01/21/10	16	183.17	12.61	0.46	5.97	10.75	55.35
N_03_dp_14	01/21/10	02/06/10	16	190.05	12.76	0.43	5.87	10.57	57.41
N_03_dp_15	02/06/10	02/22/10	16	197.09	14.90	0.45	6.36	11.44	71.24
N_03_dp_16	02/22/10	03/10/10	16	179.77	13.00	0.49	6.51	11.71	54.06
N_03_dp_17	03/10/10	03/26/10	16	175.35	11.94	0.38	5.60	10.08	52.83
N_03_dp_18	03/26/10	04/11/10	16	149.02	9.73	0.34	5.06	9.10	38.97
N_03_dp_19	04/11/10	04/27/10	16	151.13	10.54	0.36	4.90	8.82	46.97
N_03_dp_20	04/27/10	05/13/10	16	102.97	6.91	0.24	3.48	6.26	28.59

Sample No.	Opal flux	Lith. Mat. flux	Tot. C	Tot. N	Corg	Org.Mat	Ccarb	CaCO3
	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
N_03_shw_01	18.12	46.85	10.67	0.74	5.42	9.76	5.25	43.74
N_03_shw_02	25.02	48.60	10.20	0.72	5.23	9.42	4.97	41.40
N_03_shw_03	20.97	60.44	9.98	0.68	4.73	8.52	5.25	43.75
N_03_shw_04	20.15	66.00	11.67	0.67	4.79	8.62	6.88	57.33
N_03_shw_05	13.06	26.43	11.80	0.96	6.32	11.38	5.47	45.62
N_03_shw_06	14.00	36.49	10.60	0.74	5.21	9.38	5.39	44.90
N_03_shw_07	11.79	56.10	11.20	0.49	3.27	5.89	7.93	66.07
N_03_shw_08	18.14	73.70	10.70	0.61	4.27	7.69	6.43	53.61
N_03_shw_09	48.43	133.44	9.14	0.68	4.76	8.57	4.38	36.51
N_03_shw_10	58.36	196.23	7.63	0.72	4.45	8.01	3.18	26.53
N_03_shw_11	90.89	178.53	9.21	0.57	3.99	7.18	5.22	43.49
N_03_shw_12	46.80	120.80	7.79	0.50	3.60	6.48	4.19	34.94
N_03_shw_13	14.02	37.47	9.36	0.66	4.35	7.82	5.01	41.75
N_03_shw_14	31.16	105.22	10.87	0.48	3.14	5.65	7.73	64.46
N_03_shw_15	48.13	85.97	9.10	0.55	3.91	7.03	5.20	43.32
N_03_shw_16	30.17	73.27	9.70	0.70	4.60	8.28	5.09	42.44
N_03_shw_17	8.92	35.94	9.08	0.70	4.69	8.44	4.39	36.58
N_03_shw_18	65.03	186.68	6.52	0.51	3.40	6.11	3.13	26.05
N_03_shw_19	48.93	116.94	7.61	0.55	3.79	6.83	3.81	31.76
N_03_shw_20	36.21	110.95	9.10	0.60	4.07	7.33	5.03	41.91
Sample No.	Opal flux	Lith. Mat. flux	Tot. C	Tot. N	Corg	Org.Mat	Ccarb	CaCO3
	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
N_03_mid_01	25.08	55.69	8.59	0.382	4.386	7.89	4.21	35.06
N_03_mid_02	25.34	56.29	8.75	0.400	4.458	8.02	4.29	35.74
N_03_mid_03	29.73	60.59	8.61	0.378	4.219	7.59	4.39	36.60
N_03_mid_04	26.77	75.45	9.60	0.258	3.452	6.21	6.15	51.23
N_03_mid_05	26.38	47.66	8.49	0.398	4.522	8.14	3.97	33.06
N_03_mid_06	17.95	51.35	9.36	0.303	3.774	6.79	5.58	46.51
N_03_mid_07	18.83	59.34	9.67	0.216	3.136	5.65	6.53	54.45
N_03_mid_08	5.61	20.78	9.91	0.429	4.257	7.66	5.66	47.13
N_03_mid_09	49.66	130.09	8.68	0.306	3.769	6.78	4.91	40.94
N_03_mid_10	48.92	135.65	7.46	0.300	3.573	6.43	3.89	32.41
N_03_mid_11	64.49	208.51	8.19	0.484	3.619	6.51	4.58	38.13
N_03_mid_12	62.96	164.68	7.02	0.459	3.425	6.17	3.59	29.92
N_03_mid_13	44.44	102.10	7.18	0.470	3.405	6.13	3.77	31.44
N_03_mid_14	52.59	133.14	8.17	0.457	3.302	5.94	4.86	40.54
N_03_mid_15	59.68	114.09	7.49	0.503	3.635	6.54	3.85	32.10
N_03_mid_16	51.18	127.87	6.82	0.435	3.029	5.45	3.79	31.61
N_03_mid_17	45.10	102.64	6.95	0.475	3.360	6.05	3.59	29.95
N_03_mid_18	54.89	157.86	6.24	0.426	3.046	5.48	3.19	26.58
N_03_mid_19	34.52	108.04	6.17	0.413	2.973	5.35	3.20	26.65
N_03_mid_20	19.38	67.71	<u>7.41</u>	<u>0.457</u>	3.268	5.88	4.14	34.49
Sample No.	Opal flux	Lith. Mat. flux	Tot. C	Tot. N	Corg	Org.Mat	Ccarb	CaCO3
	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[mg m ⁻² d ⁻¹]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
N_03_dp_01	0.18	2.84	10.53	0.065	1.583	2.85	8.95	74.59
N_03_dp_02	25.60	64.75	7.59	0.345	3.386	6.10	4.20	35.01
N_03_dp_03	26.49	57.38	7.21	0.292	3.304	5.95	3.90	32.52
N_03_dp_04	23.51	60.43	7.62	0.330	3.376	6.08	4.24	35.34
N_03_dp_05	20.19	67.13	8.62	0.307	3.370	6.07	5.25	43.79
N_03_dp_06	21.31	60.51	8.26	0.319	3.642	6.56	4.62	38.52
N_03_dp_07	20.92	49.51	8.16	0.311	3.583	6.45	4.58	38.16
N_03_dp_08	19.50	61.11	8.33	0.265	3.267	5.88	5.07	42.21
N_03_dp_09	21.78	59.77	8.54	0.206	2.943	5.30	5.60	46.65
N_03_dp_10	27.93	44.46	7.480	0.280	3.379	6.08	4.10	34.17
N_03_dp_11	37.78	107.89	7.53	0.299	3.633	6.54	3.90	32.51
N_03_dp_12	52.26	150.35	7.59	0.214	3.058	5.51	4.53	37.77
N_03_dp_13	47.14	123.13	6.89	0.249	3.260	5.87	3.63	30.22
N_03_dp_14	46.74	130.41	6.71	0.224	3.089	5.56	3.62	30.21
N_03_dp_15	54.68	128.41	7.56	0.226	3.225	5.81	4.34	36.14
N_03_dp_16	47.67	118.35	7.23	0.272	3.620	6.52	3.61	30.07
N_03_dp_17	45.87	117.38	6.81	0.219	3.193	5.75	3.62	30.13
N_03_dp_18	42.20	96.33	6.53	0.231	3.394	6.11	3.14	26.15
N_03_dp_19	37.68	102.75	6.97	0.236	3.243	5.84	3.73	31.08
N_03_dp_20	23.18	68.15	6.71	0.238	3.379	6.08	3.33	27.77

Sample No.	CaCO3/ Opal	C/N	Opal [%]	Lith.Mat. [%]	SST [°C]	SSTA [°C]	wind speed [m/s]	Chl a [mg/m³]	RI	DI
N_03_shw_01	1.77	8.53	24.68	21.82	27.11	0.14	4.75	0.05	1.17	0.13
N_03_shw_02	1.37	8.47	30.31	18.86	25.71	0.07	6.35	0.05	1.09	-0.03
N_03_shw_03	1.90	8.12	23.07	24.67	22.95	-0.11	7.19	0.02	1.50	0.29
N_03_shw_04	2.77	8.39	20.73	13.32	23.27	0.29	1.95	0.06	1.17	0.06
N_03_shw_05	1.58	7.71	28.79	14.21	22.22	0.51	5.11	0.06	1.35	0.23
N_03_shw_06	1.82	8.22	24.62	21.10	21.97	0.35	6.45	0.08	1.16	0.05
N_03_shw_07	4.23	7.84	15.61	12.43	21.07	-0.35	7.15	0.08	0.91	-0.13
N_03_shw_08	3.04	8.11	17.64	21.06	20.78	-0.35	8.43	0.07	1.50	0.24
N_03_shw_09	1.53	8.19	23.94	30.97	20.48	-0.03	7.79	0.13	1.20	0.11
N_03_shw_10	1.28	7.20	20.80	44.66	20.94	-0.02	10.78	0.13	1.75	0.28
N_03_shw_11	1.41	8.11	30.84	18.49	19.40	0.22	7.89	0.31	1.21	0.06
N_03_shw_12	1.36	8.33	25.74	32.84	17.90	0.25	7.29	0.18	1.32	0.18
N_03_shw_13	1.69	7.69	24.63	25.79	15.79	0.45	9.22	0.17	0.51	-0.25
N_03_shw_14	3.09	7.58	20.85	9.04	18.73	0.63	5.89	0.13	1.63	0.29
N_03_shw_15	1.32	8.26	32.90	16.75	19.11	0.94	6.16	0.09	1.36	0.11
N_03_shw_16	1.62	7.71	26.28	23.00	18.93	0.90	5.40	0.09	1.60	0.27
N_03_shw_17	2.06	7.85	17.79	37.19	20.82	0.51	5.56	0.11	2.07	0.32
N_03_shw_18	1.09	7.80	23.98	43.86	19.90	-0.04	5.94	0.09	1.02	-0.12
N_03_shw_19	1.17	8.06	27.14	34.27	20.50	-0.18	5.94	0.07	1.35	0.10
N_03_shw_20	1.88	7.92	22.34	28.42	20.22	-0.02	4.50	0.06	1.41	0.16
Sample No.	CaCO3/ Opal	C/N	Opal [%]	Lith.Mat. [%]	SST [°C]	SSTA [°C]	wind speed [m/s]	Chl a [mg/m³]	RI	DI
N_03_mid_01	1.24	13.372	28.22	28.83	27.11	0.14	4.75	0.05		
N_03_mid_02	1.27	13.011	28.16	28.08	25.71	0.07	6.35	0.05		
N_03_mid_03	1.22	13.033	30.01	25.79	22.95	-0.11	7.19	0.02		
N_03_mid_04	2.13	15.593	24.00	18.55	23.27	0.29	1.95	0.06		
N_03_mid_05	1.02	13.236	32.37	26.43	22.22	0.51	5.11	0.06		
N_03_mid_06	1.97	14.521	23.63	23.06	21.97	0.35	6.45	0.08		
N_03_mid_07	2.46	16.969	22.14	17.77	21.07	-0.35	7.15	0.08		
N_03_mid_08	2.47	11.572	19.11	26.10	20.78	-0.35	8.43	0.07		
N_03_mid_09	1.62	14.374	25.31	26.97	20.48	-0.03	7.79	0.13		
N_03_mid_10	1.33	13.892	24.45	36.71	20.94	-0.02	10.78	0.13		
N_03_mid_11	1.76	8.724	21.67	33.68	19.40	0.22	7.89	0.31		
N_03_mid_12	1.17	8.703	25.63	38.28	17.90	0.25	7.29	0.18		
N_03_mid_13	1.12	8.452	28.13	34.30	15.79	0.45	9.22	0.17		
N_03_mid_14	1.55	8.427	26.19	27.33	18.73	0.63	5.89	0.13		
N_03_mid_15	1.01	8.434	31.75	29.61	19.11	0.94	6.16	0.09		
N_03_mid_16	1.18	8.126	26.68	36.26	18.93	0.90	5.40	0.09		
N_03_mid_17	1.06	8.257	28.36	35.65	20.82	0.51	5.56	0.11		
N_03_mid_18	1.10	8.333	24.10	43.83	19.90	-0.04	5.94	0.09		
N_03_mid_19	1.18	8.405	22.64	45.36	20.50	-0.18	5.94	0.07		
N_03_mid_20	1.68	8.336	20.57	39.06	20.22	-0.02	4.50	0.06		
Sample No.	CaCO3/ Opal	C/N	Opal [%]	Lith.Mat. [%]	SST [°C]	SSTA [°C]	wind speed [m/s]	Chl a [mg/m³]	RI	DI
N_03_dp_01	15.52	28.188	4.81	17.76	27.11	0.14	4.75	0.05		
N_03_dp_02	1.34	11.446	26.22	32.67	25.71	0.07	6.35	0.05	1.01	-0.14
N_03_dp_03	1.11	13.216	29.35	32.18	22.95	-0.11	7.19	0.02	0.91	-0.18
N_03_dp_04	1.36	11.923	25.92	32.67	23.27	0.29	1.95	0.06	1.19	-0.20
N_03_dp_05	2.06	12.818	21.24	28.91	22.22	0.51	5.11	0.06	0.97	-0.12
N_03_dp_06	1.61	13.322	23.92	31.01	21.97	0.35	6.45	0.08	0.89	-0.16
N_03_dp_07	1.39	13.448	27.37	28.02	21.07	-0.35	7.15	0.08	0.97	-0.20
N_03_dp_08	1.89	14.359	22.31	29.60	20.78	-0.35	8.43	0.07	0.99	-0.11
N_03_dp_09	1.88	16.649	24.79	23.27	20.48	-0.03	7.79	0.13	0.84	-0.26
N_03_dp_10	1.48	14.073	23.05	36.69	20.94	-0.02	10.78	0.13	0.97	-0.03
N_03_dp_11	1.36	14.165	23.89	37.06	19.40	0.22	7.89	0.31	0.92	-0.08
N_03_dp_12	1.58	16.628	23.97	32.76	17.90	0.25	7.29	0.18	1.02	0.04
N_03_dp_13	1.17	15.276	25.74	38.17	15.79	0.45	9.22	0.17	1.04	0.00
N_03_dp_14	1.23	16.083	24.59	39.64	18.73	0.63	5.89	0.13	0.95	-0.05
N_03_dp_15	1.30	16.636	27.74	30.31	19.11	0.94	6.16	0.09	1.03	-0.08
N_03_dp_16	1.13	15.515	26.51	36.90	18.93	0.90	5.40	0.09	1.01	-0.07
N_03_dp_17	1.15	16.995	26.16	37.96	20.82	0.51	5.56	0.11	0.75	-0.36
N_03_dp_18	0.92	17.170	28.32	39.42	19.90	-0.04	5.94	0.09	0.67	-0.39
N_03_dp_19	1.25	16.042	24.93	38.16	20.50	-0.18	5.94	0.07	1.03	-0.11
N_03_dp_20	1.23	16.573	22.51	43.64	20.22	-0.02	4.50	0.06	0.91	-0.17

Anlagen

Bestätigungsschreiben des chinesischen Partners Second Institute of Oceanography, Hangzhou, zur Bereitstellung von Arbeitszeit auf chinesischen Forschungsschiffen

Berichtsblatt

Document Control Sheet

Erfolgskontrollbericht



国家海洋局
第二海洋研究所

Second Institute of Oceanography, SOA
Hangzhou 310012
P R China
Tel:0086-571-88808922
Fax:0086-571-88071539
Email: zhenglf2007@163.com
<http://www.sio.org.cn>

Dr. Martin G. Wiesner
Institute of Biogeochemistry and Marine Chemistry
University of Hamburg
Bundesstrasse 55
D-2-146 Hamburg
Germany

Hangzhou, December 12, 2008

Dear Dr. Wiesner,

It is great that our joint project 'Impact of the ENSO-Monsoon System on the Biogeochemical Fluxes in the Northern South China Sea' (SINOFLUX), proposal number 2 of the list of new proposals for the 15th meeting of the joint steering committee of cooperation in marine sciences and technology, has been approved by BMBF reviewers and has been enlisted as eligible research program.

This document is to confirm that Chinese side will provide shiptime for SINOFLUX project to deploy and recover the sediment trap system if there is no German cruise carrying out in the South China Sea (SCS) during 2009-2011. The shiptime details will be arranged before each planned SINOFLUX field events. All arrangements are subject to the final decision of the BMBF to be made beginning of February.

Sincerely yours,

Prof. Zheng Lianfu *Zheng Lianfu*
Secretary of the CPC and Deputy Director General

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Auswirkungen des ENSO-Monsun-Systems auf die biogeochemischen Stoffflüsse in der nördlichen Südchina-See (SINOFLUX I)	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Wiesner, Martin G.; Lahajnar, Niko; Heddaues, Annette; Metzke, Marc; Chen, Jianfang; Ran, Lihua; Chen, Ronghua	5. Abschlussdatum des Vorhabens 29.02.2012
	6. Veröffentlichungsdatum geplant
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Universität Hamburg Fachbereich Geowissenschaften Institut für Biogeochemie und Meereschemie State Oceanic Administration Second Institute of Oceanography Hangzhou, PR China	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 03F0604A
	11. Seitenzahl 30
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 30
	14. Tabellen 5
	15. Abbildungen 19
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Projektträger Jülich; Forschungszentrum Jülich, Dr. Susanne Fretzdorff, Rostock-Warnemünde 26.10.2012	
18. Kurzfassung Vor der südchinesischen Küste führt wind-induzierter Auftrieb während des SW-Monsuns und die Durchmischung der oberen Wassersäule verbunden mit äolischem Staubeintrag während des NE-Monsuns zur Entstehung einer der biologisch produktivsten Meeresregionen Südostasiens. Zur Fertilität dieser Region trägt vermutlich auch die Zufuhr von Nährstoffen aus nahegelegenen Flüssen wie z.B. des Zhujiang bei. Das Zusammenwirken dieser Faktoren als Steuerung der Primärproduktion wird während eines El Niño Events gedämpft oder ganz ausgesetzt und dürfte zukünftig signifikant beeinträchtigt werden, da für diese Ereignisse eine Zunahme in ihrer Häufigkeit und Amplitude prognostiziert wird. Das Ausmaß zu dem ENSO Warmphasen (und Kaltphasen) die Ökologie und Biogeochemie der nördlichen Südchina See (SCS) beeinflussen ist jedoch nicht bekannt. Kausalitätsketten und zukünftige Veränderungen des Systems lassen sich daher nicht beschreiben. Das Vorhaben hatte zum Ziel, (i) die Auswirkungen der Saisonalität und interannuellen Variabilität des monsunalen Klimas auf die biogene Partikelsedimentation und terrigene Zufuhr in der nördlichen SCS mittels Sedimentfallenverankerungen unter ENSO-freien Bedingungen aufzuzeichnen (ii) El Niño/LaNiña-induzierte Anomalien der Stoffflüsse qualitativ und quantitativ zu erfassen, und (iii) Paleoproxy Parameter zu testen und abzustimmen, um in einem Folgeprojekt (SINOFLUX II) die natürlichen langfristigen Veränderungen in der Dynamik und Effizienz der die Sedimentation kontrollierenden Faktoren während der Holozäns zu rekonstruieren. Die Ergebnisse zeigen, dass (i) die Stoffflüsse im westlichen Teil der nördlichen SCS durch den Vietnam Dipol bzw. die durch diesen gesteuerte Ausdehnung der Nährstofffahne des Sommerauftriebsgebiets vor SE-Vietnam beeinflusst wird; (ii) die monsun-kontrollierte Bimodalität in den Stoffflüssen sowohl im westlichen als auch im zentralen Teil der nördlichen SCS durch die Querung von Taifunen während der Intermonsunzeiten maskiert wird; (iii) die terrigenen (lithogenen) Partikel weder dem Zhujiang noch dem Red River oder den philippinischen Flüssen eindeutig zugeordnet werden können, sondern zum großen Teil resuspendiertes Material repräsentieren, belegt durch die Präsenz fossiler Diatomeen des Spätpleistozäns, deren Quelle in der Zone reliktscher Sedimente auf dem äußeren Schelf zu suchen ist. Die im Untersuchungsgebiet erfasste Warmphase führt zu einer drastischen Reduktion der Stoffflüsse um etwa 40% und hier vornehmlich die des biogenen Opals um eine Größenordnung, einhergehend mit der Abnahme der Diatomeenflüsse um drei Größenordnungen.	
19. Schlagwörter Südchina See, Monsun, ENSO, Partikelfluss	
20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN planned	2. type of document (e.g. report, publication) Final report
3. title Impact of the ENSO-monsoon system on the biogeochemical fluxes in the northern South China Sea (SINOFLUX I)	
4. author(s) (family name, first name(s)) Wiesner, Martin G.; Lahajnar, Heddaeus, Annette; Niko; Metzke, Marc; Chen, Jianfang; Ran, Lihua; Chen, Ronghua	5. end of project 29.02.2012
	6. publication date planned
	7. form of publication
8. performing organization(s) (name, address) University of Hamburg Faculty of Mathematics, Computer Sciences and Natural Sciences Department of Geosciences Institute of Biogeochemistry and Marine Chemistry State Oceanic Administration Second Institute of Oceanography Hangzhou, PR China	9. originator's report no.
	10. reference no. 03F0604A
	11. no. of pages 30
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 30
	14. no. of tables 5
	15. no. of figures 19
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date) Projektträger Jülich; Forschungszentrum Jülich, Dr. Susanne Fretzdorff, Rostock-Warnemünde 26.10.2012	
18. abstract Off southern China upwelling forced by the SW-monsoon and strong wind mixing in association with eolian dust influx during the NE-monsoon create one of the biologically most productive regions in SE-Asian waters. Runoff from nearby rivers such as the Zhujiang has been assumed to contribute to the fertility of this region. The interaction of these factors in controlling primary productivity is significantly suppressed or fails during El Niño events which are predicted to increase in both frequency and amplitude. The extent to which ENSO warm phases (and their cold counterparts) affect the ecological and biogeochemical conditions in the northern SCS, however, is not known. Hence cause-and-effect relationships and future perturbations of the system cannot be assessed. This project aimed (i) to document, by time-series moorings, the impact of the seasonality and interannual variability of the monsoon system on biogenic particle export production and terrigenous (lithogenic) influx in the northern South China Sea (SCS) under ENSO-neutral conditions, (ii) to identify, qualitatively and quantitatively, El Niño/LaNiña-induced anomalies in the fluxes of particulate matter, and (iii) to test and tune paleoproxy parameters to be applied - within the framework of a following-up project (SINOFLUX II) - to the reconstruction of the natural long-term changes in the dynamics and efficiency of the factors controlling sedimentation during the Holocene. The results show that (i) the material fluxes in the western part of the northern SCS are affected by the Vietnam dipole, which controls the extension of the nutrient plume produced by the summer upwelling off SE-Vietnam; (ii) the monsoonally governed bimodality of the export fluxes is masked by crossing typhoons during the intermonsoon periods in both the western and central part of the northern SCS; (iii) the terrigenous components cannot be related to direct input from the Zhujiang, Red River or Philippine rivers but largely represent resuspended material, as evidenced in the presence of fossil diatoms of Late Pleistocene age, the source of which likely lies in the zone of relict sediments covering the outer shelf. The ENSO warm phase in the study area caused a significant reduction in the fluxes of particles by about 40% and in particular of biogenic opal by one order of magnitude, in accord with a drastic decrease in the fluxes of diatoms by three orders of magnitude.	
19. keywords Northern South China Sea, monsoon, ENSO, particle flux	
20. publisher	21. price

Erfolgskontrollbericht

Das Vorhaben befindet sich in Übereinstimmung mit den Zielen des Förderprogramms 'Meeresbezogene Klimaforschung' und 'Marine geowissenschaftliche Forschung' des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Es soll zu einem besseren Verständnis der Auswirkungen von natürlichen klimatischen Schwankungen als Basis für Präventiv- und Schutzmaßnahmen, für Modelle zur Prognose künftiger Entwicklungen und zur Identifizierung anthropogen-induzierter Belastungen des Südchinesischen Meeres beitragen. Die Ergebnisse leisten einen Beitrag zum Thema 'Rolle des Meeres im Geosystem', 'Das Meer als Klimafaktor' und 'Das Meer als Ökosystem'. Dazu gehören folgende erfolgreiche Nachweise: (i) die Stoffflüsse im westlichen Teil der nördlichen Südchina See werden durch den Vietnam Dipol bzw. die durch diesen gesteuerte Ausdehnung der Nährstofffahne des Sommerauftriebsgebiets vor SE-Vietnam beeinflusst; (ii) die monsun-kontrollierte Bimodalität in den Stoffflüssen wird sowohl im westlichen als auch im zentralen Teil der nördlichen Südchina See durch die Querung von Taifunen während der Intermonsunzeiten maskiert; (iii) die terrigenen (lithogenen) Partikel können weder dem Zhujiang noch dem Red River oder den philippinischen Flüssen eindeutig zugeordnet werden, sondern repräsentieren zum großen Teil resuspendiertes Material, belegt durch die Präsenz fossiler Diatomeen des Spätpleistozäns, deren Quelle in der Zone reliktscher Sedimente auf dem äußeren Schelf zu suchen ist. Die im Untersuchungsgebiet erfasste Warmphase führt zu einer signifikanten Reduzierung der Stoffflüsse um etwa 40% und hier vornehmlich die des biogenen Opals um eine Größenordnung, einhergehend mit der drastischen Abnahme der Diatomeenflüsse um drei Größenordnungen.

Die Untersuchungen wurden den förderpolitischen Zielen der Förderprogramme entsprechend auf internationaler Ebene in enger Kooperation mit wissenschaftlichen Institutionen der Anrainerstaaten (China) durchgeführt und standen im Rahmen der Vereinbarung über Zusammenarbeit in der Meeresforschung und Meerestechnik zwischen dem BMBF und dem Staatlichen Ozeanographischen Zentralamt der Volksrepublik China vom 27.06.1989 (und Folgevereinbarungen).

Der Finanzierungs- und Zeitplan des Projekts konnte eingehalten werden. Die technischen Ziele des Projektes konnten nicht vollständig erreicht werden, da die Verankerungen im zweiten Jahr der Projektlaufzeit aufgrund der vorherrschenden Schlechtwetterbedingungen nicht geborgen und erneut ausgelegt werden konnten und ein Sedimentfallensystem wegen eines Fehlers in der Steuereinheit nicht gearbeitet hatte. Die wissenschaftlichen Ziele wurden jedoch erreicht.

Aus dem Projekt ergaben sich keine Schutzrechtsanmeldungen, Schutzrechteerteilungen oder Verwertbarkeit der Ergebnisse in Form von Lizenzen.