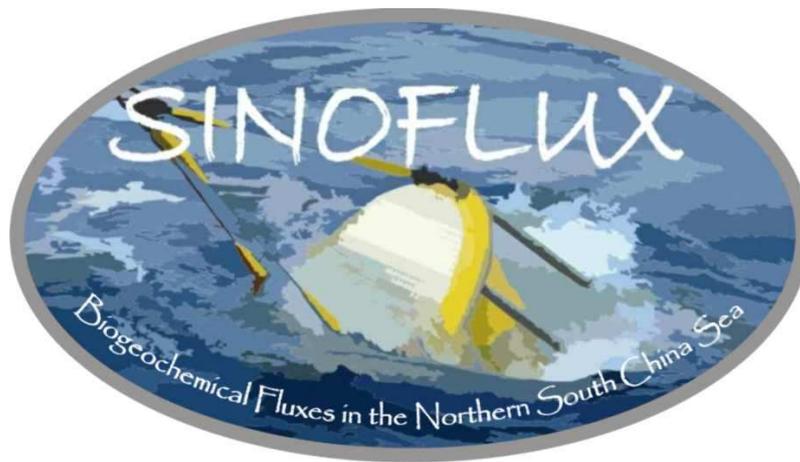


# SCHLUSSBERICHT

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

BMBF Förderkennzeichen 03F0673A  
(Laufzeit: 01.04.2013 - 30.06.2015)



<sup>1</sup>Martin G. Wiesner, <sup>2</sup>Jianfang Chen,  
<sup>1</sup>Niko Lahajnar, <sup>2</sup>Lihua Ran, <sup>3</sup>Zhifei Liu, <sup>1,3</sup>Annette Schröder, <sup>2</sup>Ronghua Chen

<sup>1</sup>Institut für Geologie  
Department Geowissenschaften  
Universität Hamburg

<sup>2</sup>Second Institute of Oceanography  
State Oceanic Administration  
Hangzhou, PR China

<sup>3</sup>State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University  
Shanghai, PR China

Juli 2015

## Schlussbericht

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Universität Hamburg Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften Department Geowissenschaften Institut für Geologie	<b>Förderkennzeichen:</b> 03F0673A
<b>Vorhabenbezeichnung:</b> Auswirkungen des ENSO-Monsun Systems auf die biogeochemischen Stoffflüsse in der nördlichen Südchina See (SINOFLUX II)	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.04.2013 – 30.06.2015	
<b>Berichtszeitraum:</b> 01.04.2013 – 30.06.2015	

## Inhaltsverzeichnis

I Kurzdarstellung	3
I.1 Aufgabenstellung	3
I.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	3
I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens	4
I.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	5
I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen	7
II Eingehende Darstellung	8
II.1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses in Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen	8
II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	17
II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	18
II.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans	18
II.5 Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	19
II.6 Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen	19
II.7 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses	19
III Literaturangaben	21
(IV Erfolgskontrollbericht)	
V Berichtsblatt / Document Control Sheet	23

## **I Kurzdarstellung**

### **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), währenddessen 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 monsonalen Klimas auf die Partikelsedimentation in der nördlichen SCS aufzuzeichnen, (ii) El Niño/LaNiña-induzierte Anomalien der Stoffflüsse qualitativ und quantitativ zu erfassen, und (iii) Proxyparameter zur Rekonstruktion der hydrographischen und klimatischen Bedingungen während des Holozäns zu testen und abzustimmen.. Die Ergebnisse sollten es 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 und so zu einem besseren Verständnis der Konsequenzen des globalen Klimawandels in Südostasien.

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

Das Vorhaben wurde von Wissenschaftlern des Second Institute of Oceanography in Hangzhou (SIO), des Key Laboratory of Marine Geology der Tongji University in Shanghai (TU) und des Instituts für Geologie der Universität Hamburg (IfGeo) und in enger Abstimmung vorbereitet und basiert auf deren erfolgreichen gemeinsamen Vorarbeiten in südostasiatischen Randmeeren und hier insbesondere im Rahmen der BMBF-gestützten Projekte TONKIN und SINOFLUX I. Die seit mehr als 15 Jahren bestehende Kooperation und die sehr gute personelle und hinsichtlich der Bewältigung der jeweiligen Arbeitspakete sehr gute instrumentelle Ausstattung der 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 des Projektes hinweg bereitstellt.

### I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

In einer gemeinsamen Planungssitzung im Oktober 2012 in Hangzhou wurde vorgeschlagen, die mit dem BMBF-geförderten Projekt SINOFLUX I begonnenen, erfolgreichen Untersuchungen im nördlichen Südchinesischen Meer fortzusetzen. Dazu sollten die Sedimentfallenverankerungen im Bereich des SW-Monsun Auftriebs vor Hainan (Station SCS-NW), im Bereich des Vietnam-Dipols südlich des Xisha Archipels (SCS-W) und östlich der Dongsha Inseln im Bereich der Hauptwindachse des NE-Monsuns (Station SCS-N) weiterhin eingesetzt werden (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 (siehe Abb. 1) (Jennerjahn et al., 1990; Wiesner et al., 1996). Die Antragstellung erfolgte am 19.12.2012, die Bewilligung wurde am 04.02.2013 ausgesprochen.

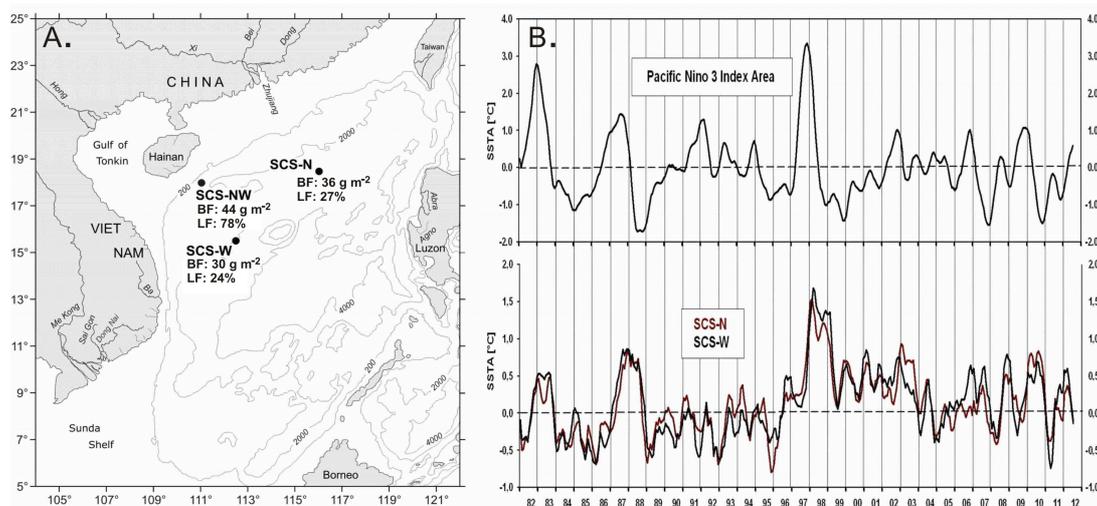


Abb. 1: A. Position der Sedimentfallenverankerungen SCS-N, SCS-NW und SCS-W im nördlichen Südchinesischen Meer (BF – jährlicher Biogenfluss, LF- prozentualer Anteil des Lithogenflusses am jährlichen Gesamtfluss partikulären Materials); B. Zeitserie des 5-monatigen laufenden Mittelwertes der Meeresoberflächentemperatur-Anomalien (SSTA) im äquatorialen Zentralpazifik (El Niño Index Gebiet 3) und an den Sedimentfallenstationen SCS-N und SCS-W).

Das Vorhaben wurde am 01.04.2013 mit der Beschaffung und Verschiffung des für die Bergung und Auslegung der Verankerungen notwendigen Verbrauchsmaterials begonnen. Während des Projektzeitraums fanden insgesamt 3 Forschungsfahrten mit dem chinesischen Forschungsschiff *Tianying* statt: vom 18.04. bis 23.04.2013, vom 23.04. bis 28.04.2014 und vom 25.04. bis 29.04.2015. Anfangs- und Endhafen war Zhanjiang an der Ostküste der Halbinsel Leizhou; in 2015 wurde der Endhafen aus logistischen Gründen nach Sanya (Hainan) verlegt. Das SINOFLUX II Projekt hatte auf den Fahrten jeweils 48 Stunden Arbeitszeit zur Verfügung, um die Sedimentfallenverankerungen SCS-N und SCS-W zu

bergen und auszulegen. Die Bergungs- und Auslegeoperationen für das Sedimentfallensystem im Auftriebsgebiet vor Hainan (SCS-NW) wurden von unserem chinesischen Kooperationspartner am SIO auf Folgefahrten (ohne deutsche Beteiligung) jeweils Ende Mai 2013, 2014 und 2015 erfolgreich durchgeführt. Die Verankerungssysteme wurden neben Strömungsmessern, Temperatur- und Tiltensoren vor dem Auslegen zusätzlich mit Salinitäts- und Drucksensoren bestückt, die von der ozeanographischen Arbeitsgruppe des SIO zur Verfügung gestellt wurden. Die Sedimentfallen wurden synchron programmiert, um die partikulären Sinkstoffe in Intervallen von 16-17 Tagen über jeweils ein volles Monsunjahr hinweg zu sammeln.

Der Transfer des geborgenen Probenmaterials zur Analyse nach Deutschland erfolgte im Mittel erst 2 Monate nach den Ausfahrten, da den Ausfuhrbestimmungen des chinesischen Zolls entsprechend Flüssigproben vor dem Versand einer chemischen Analyse zur Prüfung des Gefährdungspotentials (z.B. Explosivität) unterzogen werden müssen. Mit dem Probenmaterial wurde erstmalig für dieses Seegebiet ein mehrjähriger 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 gewonnenen Zeitserien - aufzuzeigen, welche Anomalien diese Warmphasen in den biogeochemischen Stoffflüssen erzeugen.

### **I.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

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. 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).

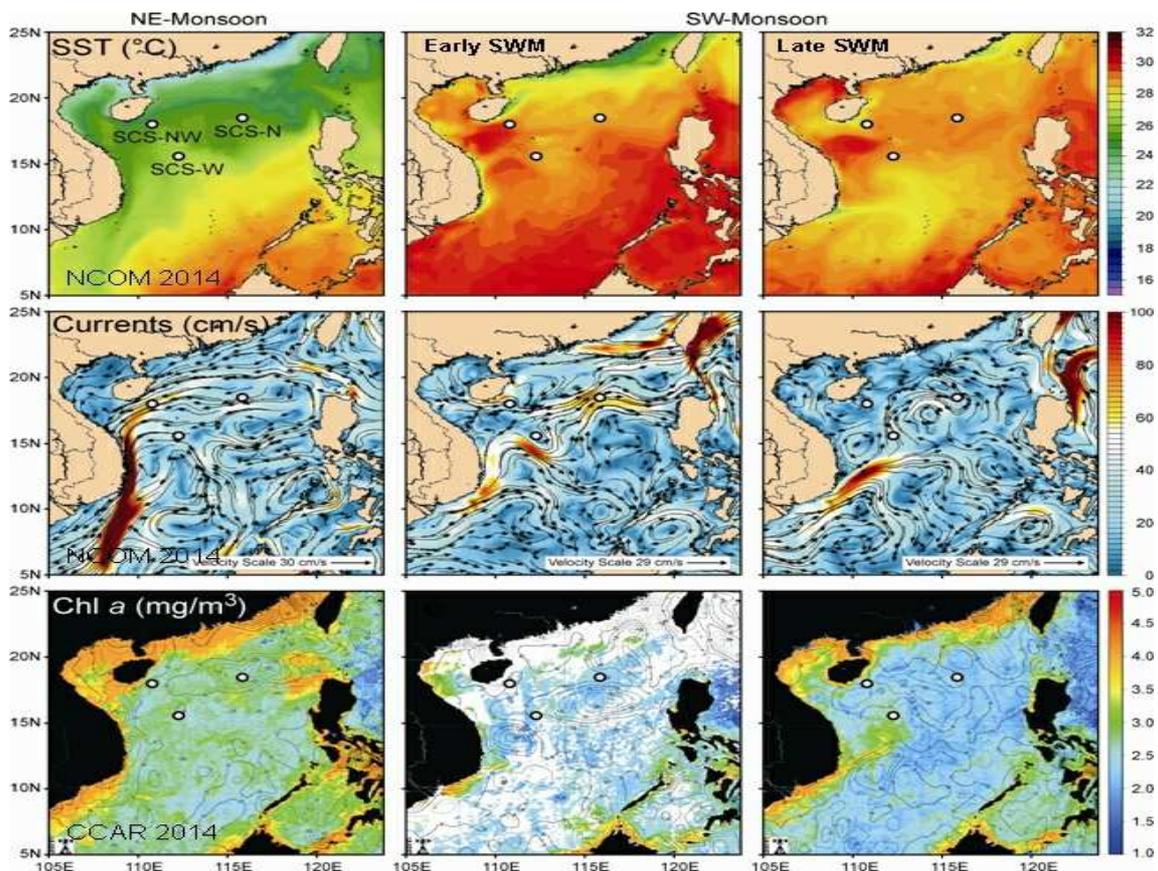


Abb. 2: Verteilung der Meeresoberflächentemperaturen (oben), Oberflächenströmungen (Mitte) und Chlorophyll-Konzentrationen (unten) während des NE-Monsuns und SW-Monsuns im Südchinesischen Meer.

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 interannuellen 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. 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. 2) und die Wassersäule bis in Tiefen von über 2000 m beeinflussen. Die Eddies verstärken die Produktivität durch den Eintrag von Nährstoffen aus tieferen Wasserschichten, resuspendieren aber synchron Sedimentmaterial vom Schelf oder oberen Kontinentalhang 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 (Schröder et al., 2015).

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 im westlichen SCS während des El Niño 1998/1999 eine klare Dominanz von *Florisphaera profunda* wohingegen während ENSO-neutraler Bedingungen *Emiliania 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 gelöstem 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 II-Projekts wurden wie ausgeführt in enger Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern des SIO und der TU 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. Deren Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen.

## **II Eingehende Darstellung**

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

Die Zuwendung wurde der Bewilligung entsprechend ohne Änderung für die beantragten Arbeiten auf See und an Land verwandt. Die Ziele lagen in der Bilanzierung von Stoffflüssen dieser biologisch hochproduktiven Region mit den Transportwegen in der Wassersäule und der Deposition am Meeresboden. Die Steuerung der Transportmechanismen durch klimatisch-ozeanographische Randbedingungen und Besonderheiten (z.B. ENSO Phänomene und Auftriebsgebiete, terrigener Eintrag) sollten mit ihren Veränderungen in der Zeit erfasst werden. Zudem sollten Paläoproxies getestet werden, um zu einer Verbesserung von Rekonstruktionen der holozänen paläoozeanographischen und -klimatischen Bedingungen in diesem Seegebiet beizutragen.

Mit dem Vorhaben wurden die mit dem BMBF-geförderten Projekt SINOFLUX I begonnen Sedimentfallenuntersuchungen im nördlichen Südchinesischen Meer fortgesetzt (Abb. 1). In diesem Seegebiet führen wind-induzierter Auftrieb während des SW-Monsuns und die Durchmischung der oberen Wassersäule verbunden mit äolischem Staubeintrag und fluviatiler Zufuhr von Nährstoffen während der Hochphase des NE- und SW-Monsuns zur Entstehung einer der biologisch produktivsten Meeresregionen Südostasiens (Abb. 2). Interannuelle Veränderungen im Zusammenwirken dieser Faktoren als Steuerung der Primärproduktion sind vor allem eine Folge von El-Niño Ereignissen, die in diesem Seegebiet mit einer Verzögerung von 4-6 Monaten gegenüber dem Äquatorialpazifik auftreten (Abb. 6). Die erzielten Ergebnisse in Verbindung mit früheren Datensätzen zeigen, dass die Partikelsedimentation an den Nordstationen saisonal durch drei elementare Prozesse gesteuert wird: (i) Konvektion der oberen Wassersäule durch den NE-Monsun und die damit verbundene Zufuhr von Nährstoffen in die photische Zone, (ii) Querung mesoskaliger Eddies, die sowohl zur Resuspension von Sedimentmaterial des oberen Kontinentalhanges (einschließlich pleistozäner Reliktsedimente des äußeren Schelfs) als auch (bei zyklonaler Drehung) Auftrieb von Nährstoffen führen und (iii) - erstmals nachgewiesen - den atmosphärischen Eintrag von Staub aus der Wüste Gobi als Stimulans der Planktonproduktion und als Ballast für den rapiden Transfer des organischen Material in die Tiefsee (Abb. 3).

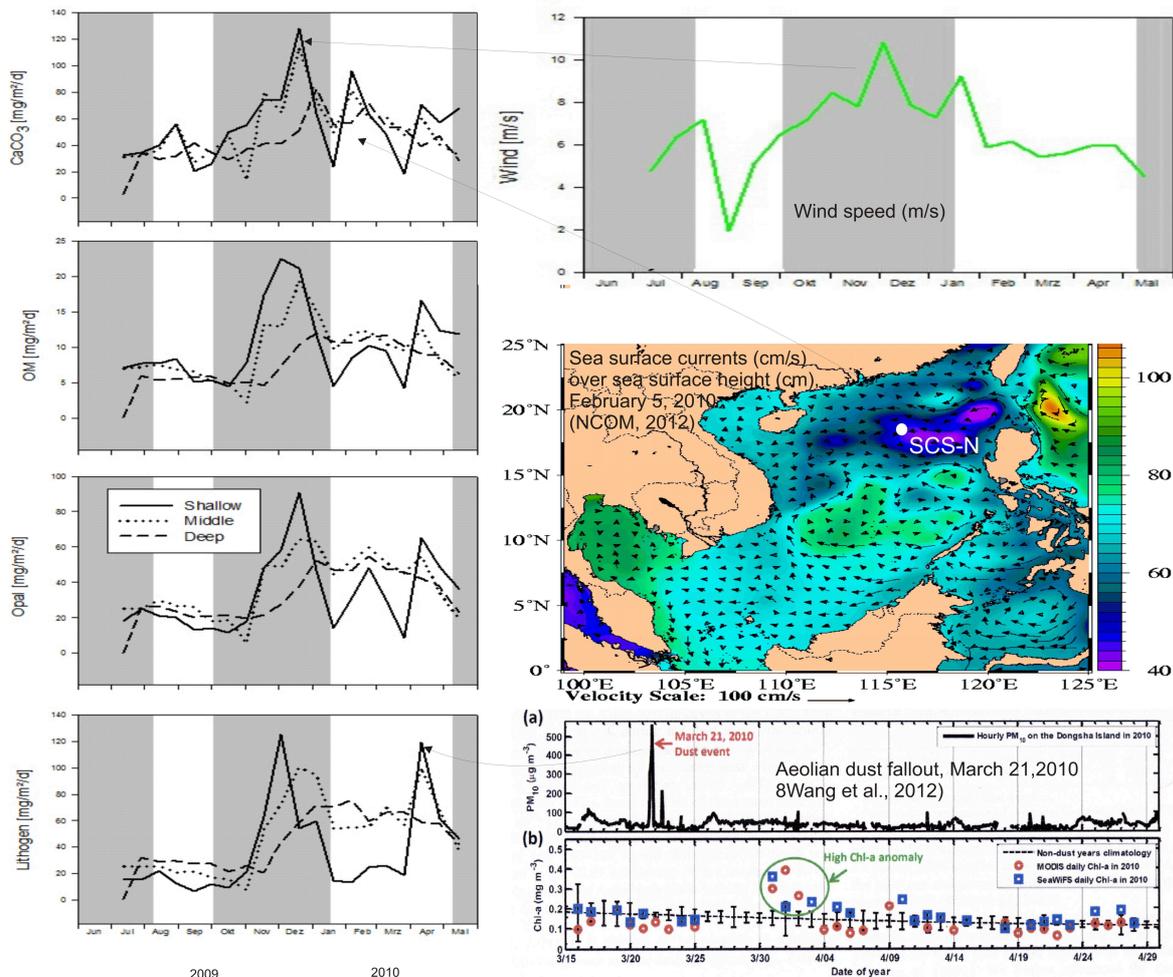


Abb. 3: Zeitserie der Hauptkomponentenflüsse an der Station SCS-N. Maxima in den Flussraten sind eine Folge erhöhten Nährstoffeintrags durch wind-induzierte Durchmischung der oberen Wassersäule (November/Dezember), Kaltwasserwirbel (Februar/März) und Staubeintrag (April) (Zeitserie des Staubeintrags in das nördliche Südchinesischen Meer aus Wang et al., 2012).

Die durch mesoskalige Eddies und die starken Küstenrandströme bedingten Advektionsprozesse dominieren auch an der westlichen Station: Maxima der Primärproduktion (gemessen an Chlorophyll-a) treten im NE-Monsun auf, während die maximalen Flussraten des organischen Materials in der Spätphase des SW-Monsuns erreicht werden, verbunden mit einem massiven Eintrag lithogener Partikel (Abb. 9). Ursache für die Maxima des organischen Materials dürfte der Strömungsdipol vor Zentralvietnam sein, dessen Chlorophyll-Fahne die Station SCS-W im Spätsommer erreicht (vergleiche Abb. 2 und 4).

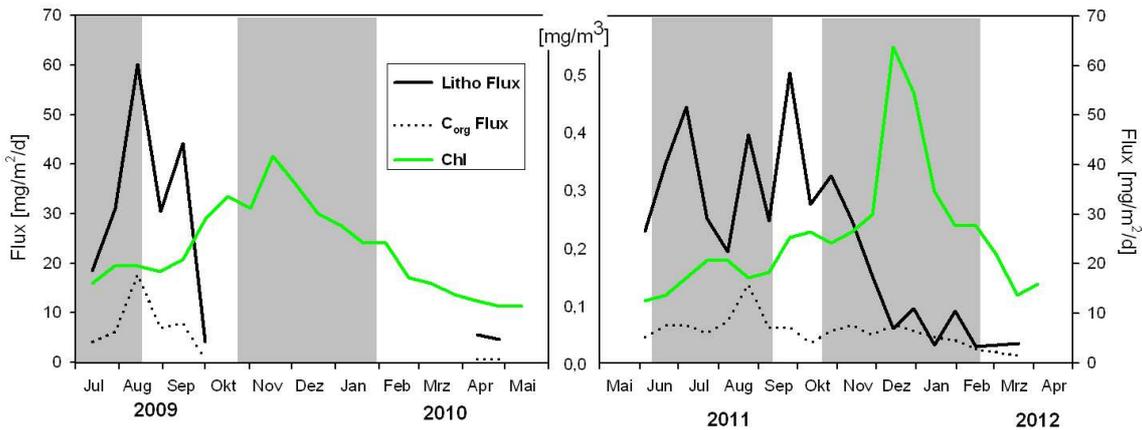


Abb. 4: Zeitserien des organischen Kohlenstoffs, lithogenen Materials und SeaWiFsr Chlorophyll an der Station SCS-W (Falltiefe 1100 m).

Im interannuellen Vergleich der Flussraten und hier insbesondere die des biogenen Opals zeigen sich die dramatischen Auswirkungen einer Warmphase in dieser Region (Abb. 5): Die Opal-Flussraten während des El Niño Ereignisses in 1987/1988 sind um das 10fache geringer als unter normalen Bedingungen:

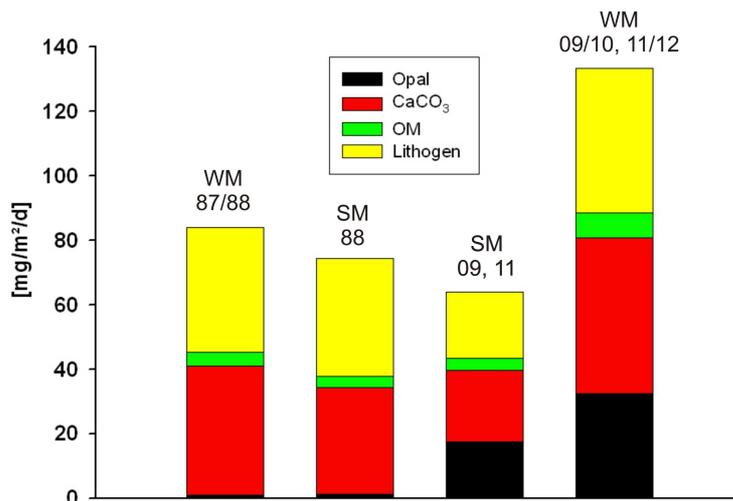


Abb. 5. Flussraten der Hauptkomponenten der Sinkstoffe an der Station SCS-N in 1000 m Wassertiefe während des El Niño-Ereignisses in 1987/1988 (Wiesner et al, 1995) und unter ENSO-freien Bedingungen in 2009-2014 (WM = Wintermonsun, SM = Sommermonsun).

Damit verbunden sind drastisch reduzierte Flussraten der Diatomeen um 4 Größenordnungen (Abb. 6). Letztere liegen auf dem Niveau des Auftriebsgebiets vor Vietnam unter ENSO-neutralen Bedingungen, wohingegen dort während des 1998/1999 El Niño Ereignisses - die stärkste Warmphase die das Südchinesische Meer seit den 1960er Jahren erfahren hat - die Diatomeenflüsse um nur 1 Größenordnung niedriger lagen (Station SCS-SW, Abb. 7). Dies verweist auf einen weiteren, die Exportproduktion silikatschaligen Planktons beeinflussenden Faktor. Untersuchungen unseres chinesischen Kooperationspartners haben gezeigt, dass im Bereich des der Station SCS-N vorgelagerten Schelfs seit 1998 eine signifikante Erhöhung der Nitrat-Konzentrationen in der Wassersäule zu verzeichnen ist, ein Resultat der signifikant angestiegenen landwirtschaftlichen Aktivitäten in Südchina bzw. im Bereich des Pearlflusses (Abb. 8). Das Ökosystem hat sich hier von einem Stickstoff-limitierten zu einem im Bereich des Redfield-Verhältnisses liegenden

System verändert und scheint sich perspektivisch in ein Phosphat-limitiertes System zu verschieben. Das Ausmaß der El-Niño induzierten Anomalie in den biogeochemischen Stoffflüssen enthält daher noch eine anthropogene Komponente, die im Fortgang des SINOFLUX-Projektes (SINOFLUX III) entschlüsselt werden soll.

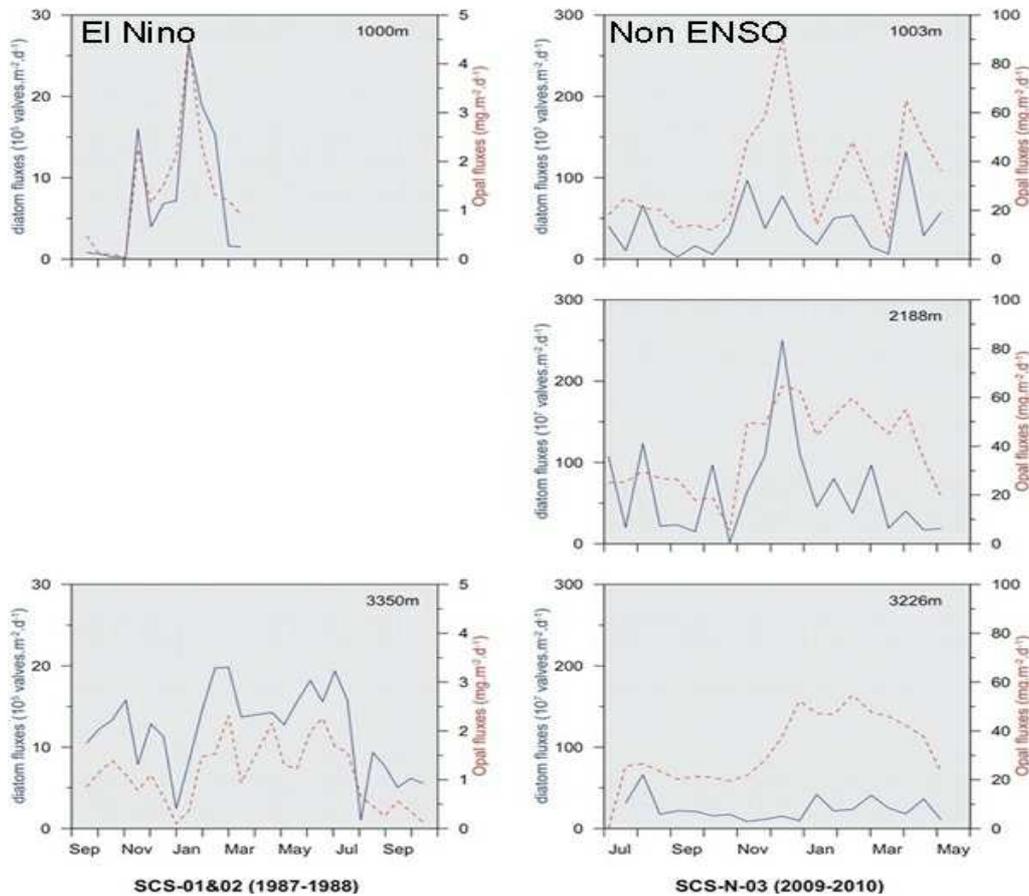


Abb. 6. Flussraten des biogenen Opals und der Diatomeen an der Station SCS-N in 1000 m Wassertiefe während des El Niño-Ereignisses in 1987/1988 (Wiesner et al., 1995) und unter ENSO-freien Bedingungen in 2009-2010 (Ran et al., 2015).

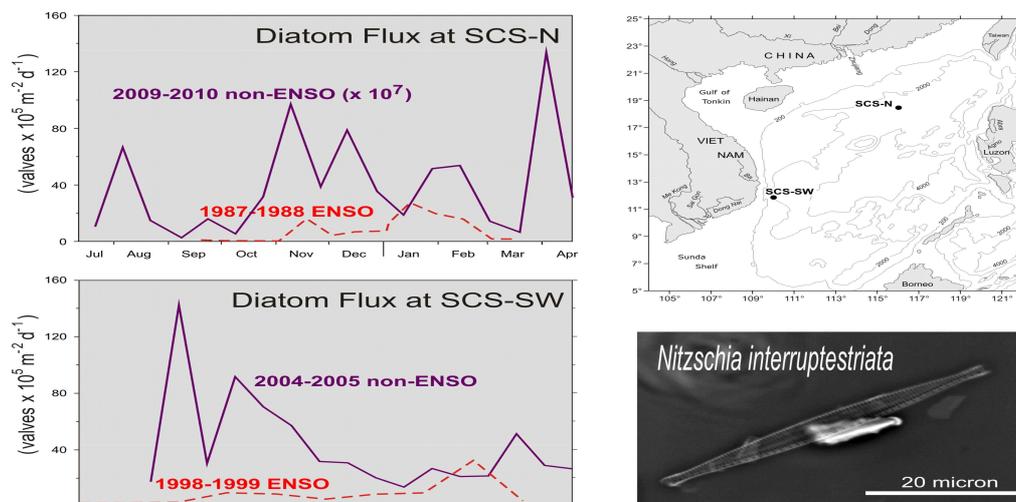


Abb.7. Vergleich der Diatomeenflüsse in 1000 bzw 1200 m Wassertiefe an den Stationen SCS-N (Ran et al., 2015) und SCS-SW unter El Niño und ENSO freien Bedingungen. Die Diatomeenspezies *N. interruptestriata* wurde erstmals in den Sinkstoffen der Station SCS-N nachgewiesen.

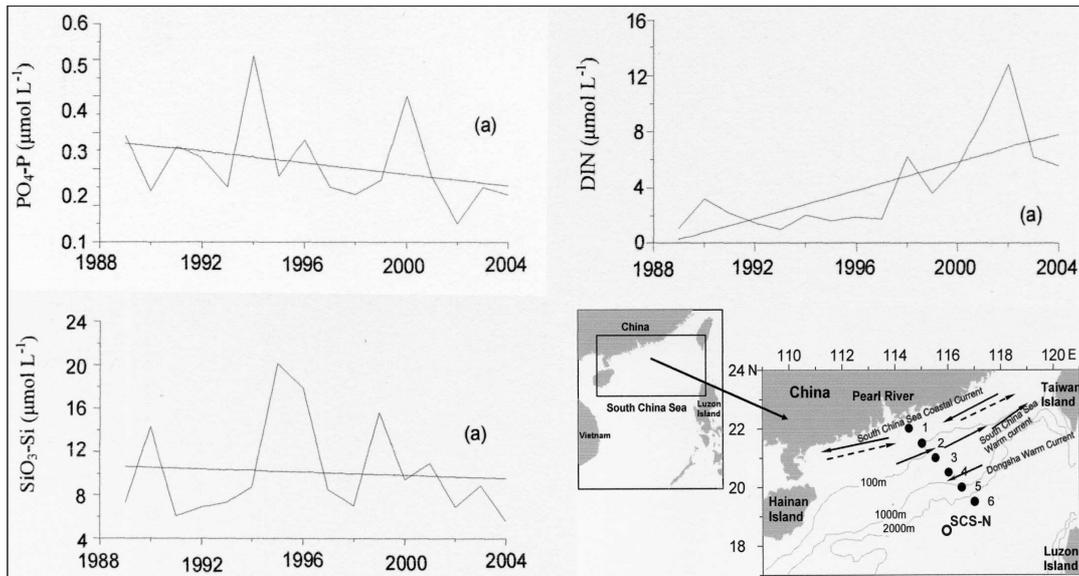


Abb. 8. Veränderungen der Nährstoffkonzentrationen auf dem südchinesischen Schelf und oberen Kontinentalhang als Mittel der Stationen 1-6 im Zeitraum 1988 bis 2004 (Ning et al., 2009) (SCS-N = Position der Sedimentfallenstation).

Erstmals nachgewiesen in den Sinkstoffen an der Station SCS-N wurde die Diatomeenspezies *Nitzschia interruptestrata* (Abb. 7), die bislang im nördlichen Südchinesischen Meer nur fossil beschrieben ist. Dies könnte zum einen auf Lateraladvektion pleistozäner Reliktsedimente vom äußeren Schelf hinweisen oder aber auf die Migration dieser Spezies aus dem Westpazifik, möglicherweise aufgrund veränderter Umweltparameter.

Tonminerale als Quellenindikatoren zeigen, dass die Advektion partikulären Materials innerhalb einzelner Ablagerungsprovinzen zu einer Verwischung der Signale der zuführenden Flusssysteme führt, zwischen den Provinzen jedoch signifikante Unterschiede bestehen. (Abb. 9).

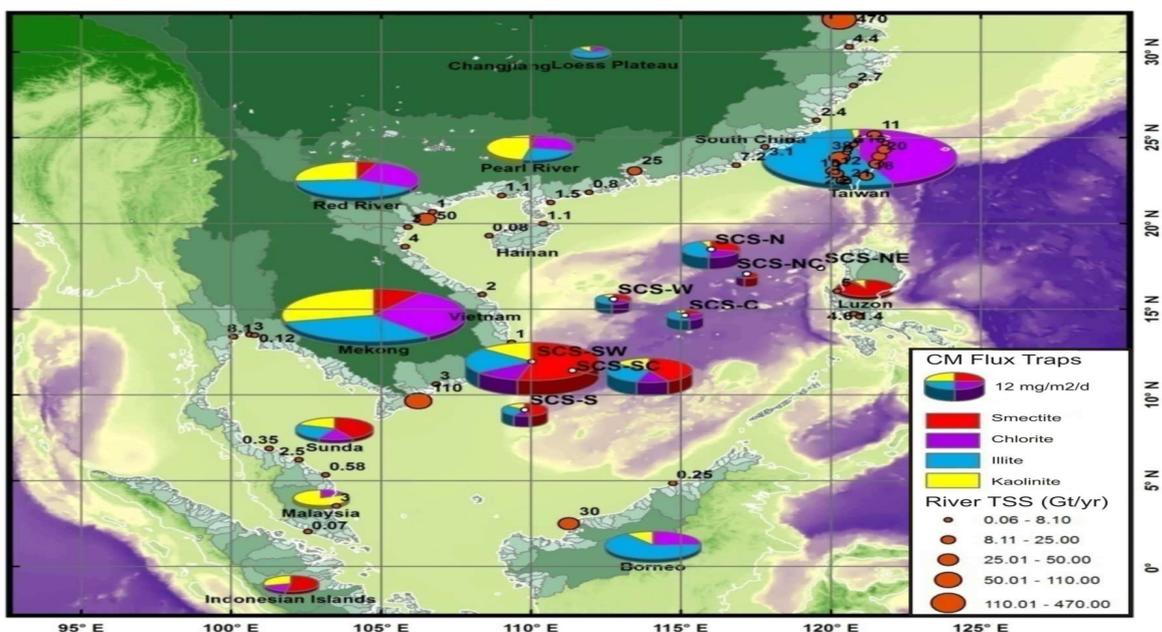


Abb. 9: Durchschnittliche Tonmineralzusammensetzung der potentiellen fluviatilen und äolischen Quellen des lithogenen Materials im Südchinesischen Meer sowie durchschnittliche Tonmineralzusammensetzung der Sinkstoffe und Flussraten der Tonminerale in 1000-1200 m Wassertiefe an den Sedimentfallenstationen (Schröder et al., 2015).

So ist das nördliche Südchinesische Meer einschließlich des Golfs von Tonkin Illit/Chlorit-dominiert während in seinem östlichen Teil Smektit vorrangig ist; vor der vietnamesischen Küste sind beide Mineralgruppen gleichermaßen vertreten (Abb. 9).

Innerhalb des Golfs bestimmen sowohl Quellen als auch Umlagerung die Verteilungsmuster der Sedimentpartikel und deren Zusammensetzung. So haben die Schwerminerale Turmalin und Granat (und auch Epidot) ihr Konzentrationsmaximum im nordöstlichen Teil des Golfs (Abb. 10).

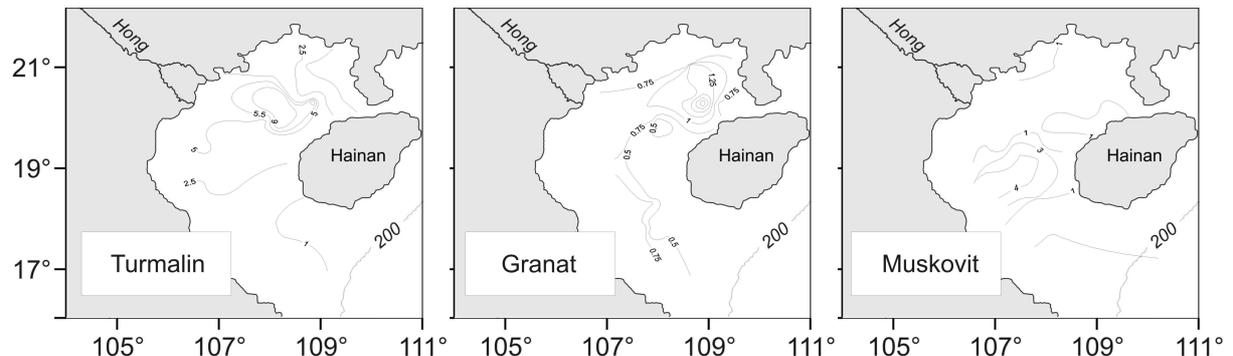


Abb. 10. Prozentuale Verteilung der Schwerminerale Turmalin, Granat und Muskovit in den Oberflächensedimenten des Golfs von Tonkin.

Turmalin, Granat und Epidot sind vornehmlich in metamorphen Gesteinen angereichert. Einziges Gebiet massiver Vorkommen metamorpher Gesteine im Hinterland des Golfs von Tonkin liegt im Unterlauf des Red River (Abb. 2) und wäre so eine mögliche Quelle. Das Material wäre dann der generellen zyklonalen Strömung folgend an Hainan vorbei nach Norden transportiert worden. Muskovit konzentriert sich demgegenüber im Ausstrombereich des Golfs und signalisiert so eine Dichtesegregation während des Transports (Abb. 10)

Saisonale Veränderungen in der Tonmineralzusammensetzung im Arbeitsgebiet sind an der Station SCS-W am Ausstrom des Golfs besonders ausgeprägt und hier eine Folge der Richtungsumkehr des Küstenrandstroms, d.h. Suspensionstransport nach Norden während der SW-NE-Intermonsunzeit (Smektit-Dominanz) und nach Süden während des übrigen Jahres (Illit-Dominanz) (Abb. 11).

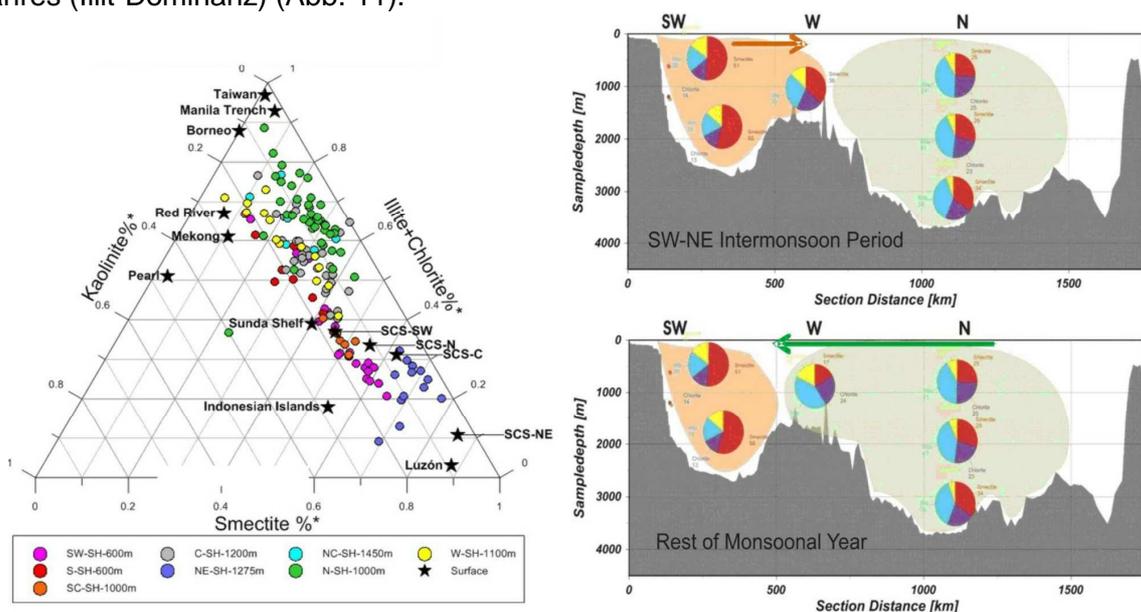


Abb. 11: Tonmineralverteilungen (in %) in Fluss-Suspensionen, Sinkstoffen und Oberflächensedimenten des Südchinesischen Meeres (Station W liegt im Bereich des Tonkin-Ausstroms) (Schroeder et al., 2015).

Insgesamt gesehen zeigen die Verteilungsmuster die Tonminerale in den Sinkstoffen an allen Stationen während ENSO-neutraler Bedingungen gegenüber den fluviatilen und äolischen Einträgen eine sehr deutliche Anreicherung des Smektit gegenüber Illit, Chlorit und Kaolinit (Abb. 11). Dies gilt auch überregional mit zunehmender Wassertiefe an allen Stationen im Südchinesischen Meer (Abb. 12) einschließlich Oberflächensedimente (Abb. 13) bei gleichzeitigem Anstieg der Flussraten.

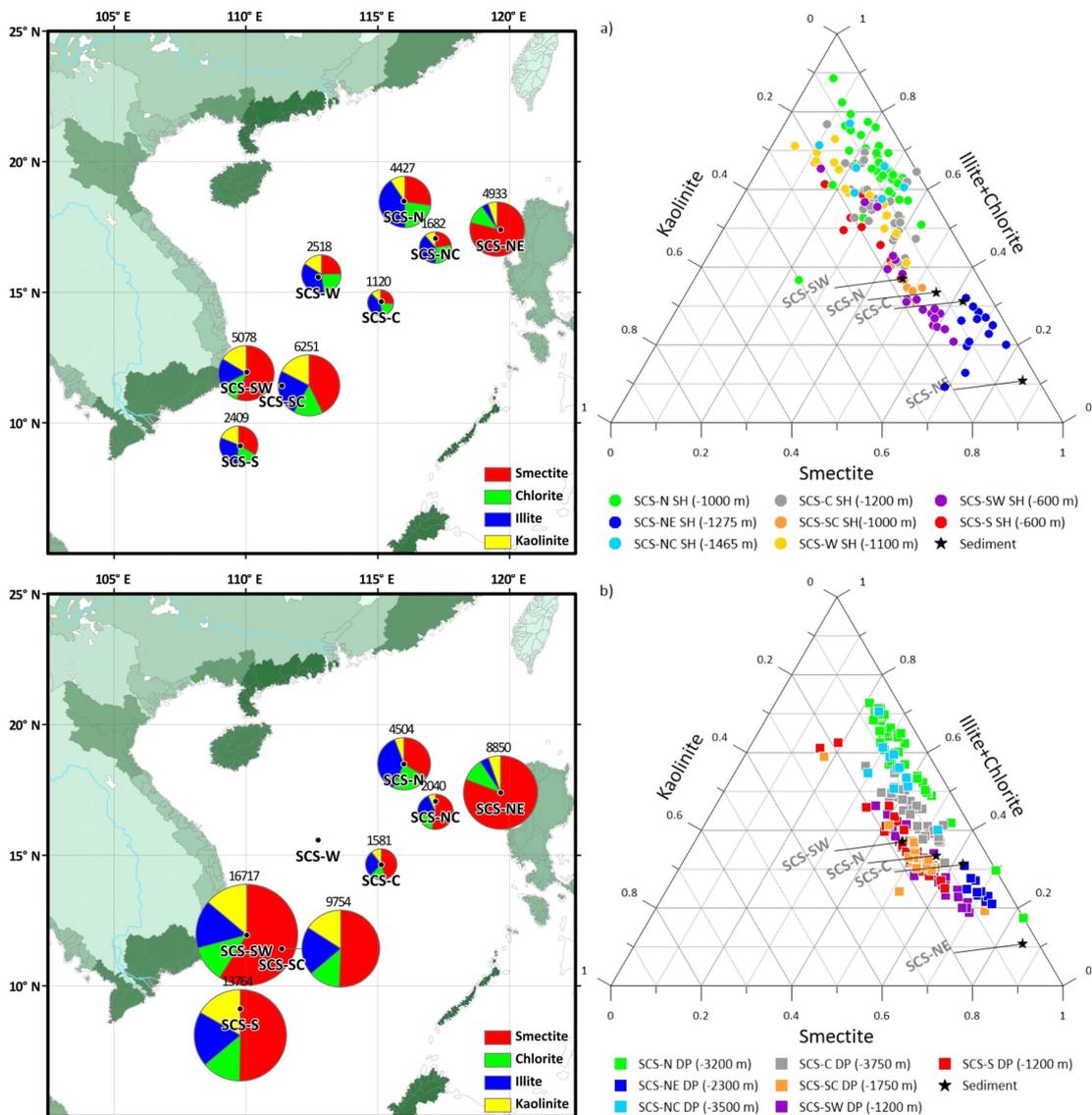


Abb. 12: Vergleich der Tonmineralverteilungen (in %) in den Sinkstoffen der flachen (oben) und tiefen (unten) Sedimentfallen des Südchinesischen Meeres (Schroeder et al., 2015).

Offensichtlich führen die Unterschiede im hydrodynamischen Verhalten der Tonminerale - wie die geringere Dichte des Smektit - zu einer Fraktionierung im Zuge des offshore-Transports und zu einer Homogenisierung der Verteilungen in der Tiefsee. Dies erschwert eine Identifizierung der initialen Quellen, erklärt aber die trotz Umkehr des Strömungsregimes meist geringen saisonalen und intrasaisonalen Schwankungen (Abb.13).

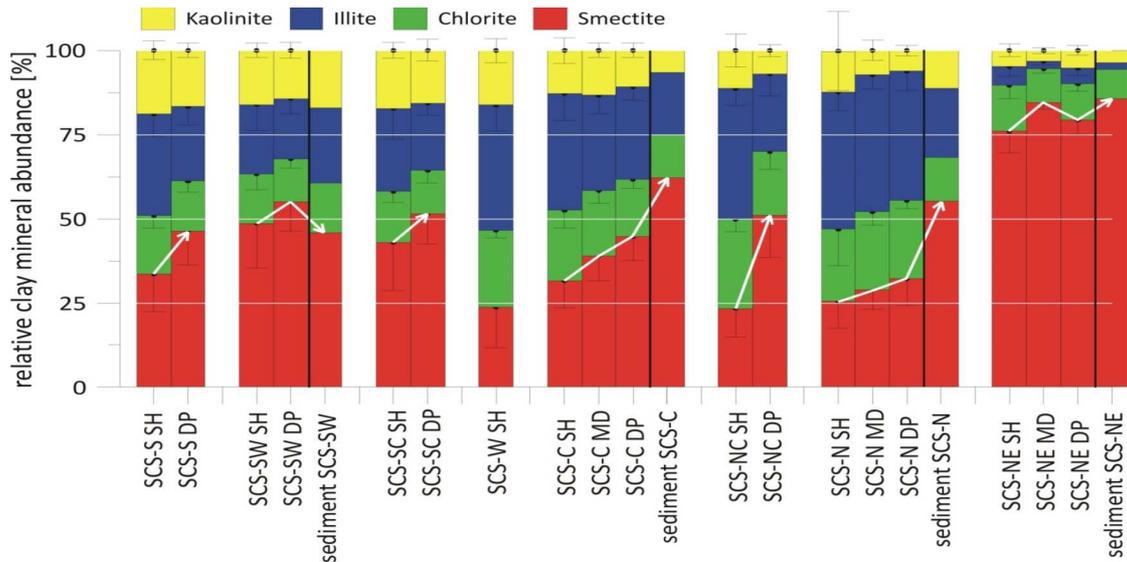


Abb. 13: Vergleich der Tonmineralverteilungen (in %) in den Sinkstoffen der flachen und tiefen Sedimentfallen mit denen der Oberflächensedimente an den Fallenstationen (Schroeder et al., 2015).

Die mit El Niño-Ereignissen verbundenen Veränderungen in der Tonmineralzusammensetzung sind jedoch so drastisch, dass sie durch Lateraladvektion bzw. Fraktionierungsprozesse nicht gänzlich überdeckt werden. So zeigt sich das El Niño Ereignis 1987-1988 in allen Fallentiefen in einer signifikanten Smektitverarmung und Dominanz von Illit (Abb. 14) Als Quelle des Smektit (Illits) kommen im nördlichen Südchinesischen Meer nur die Flüsse Luzons (Taiwans) in Frage. Die geringere Zufuhr der Smektit lässt sich dann als Folge der El Niño induzierten geringeren Niederschlagsintensität und den damit verbundenen reduzierten Abflussraten der Flusssysteme Luzons erklären (Abb. 15).

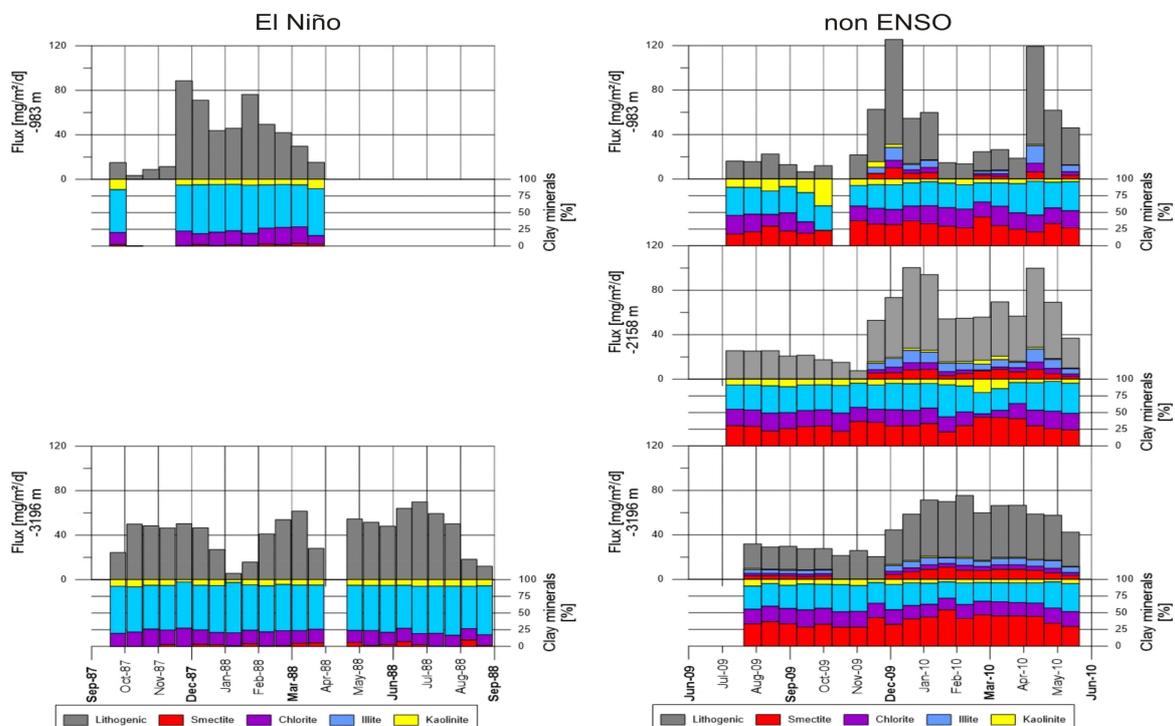


Abb. 14: Flussraten und Zusammensetzung der Tonminerale an der Station SCS-N im Bereich der Hauptwindachse des NE-Monsuns während des El Niño Ereignisses in 1987-1988 und während ENSO neutraler Bedingungen in 2009-2010 (Schröder & Wiesner, in Vorbereitung).

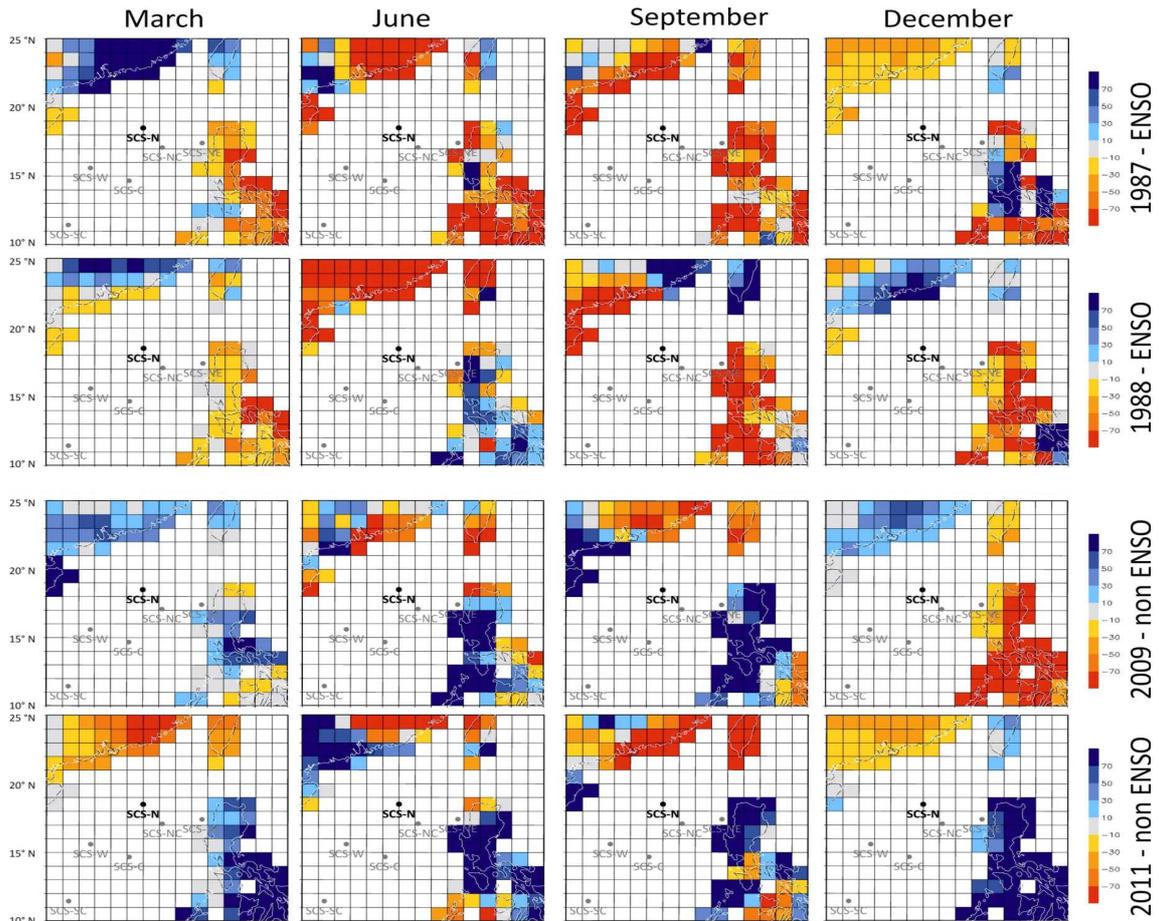


Abb. 15: Niederschlagsanomalien während El Niño Events und ENSO-freier Jahre im nördlichen Südchinesischen Meer (Daten aus GPCC, 2015).

Andererseits haben Gordon et al (2002) gezeigt, dass mit El Niño Ereignissen ein verstärkter Einstrom pazifischen Zwischen- und Tiefenwassers in das Südchinesische Meer einhergeht. Dieser könnte als thermohaline Barriere die Suspensionsfahne Luzons abgelenkt haben (Abb. 16).

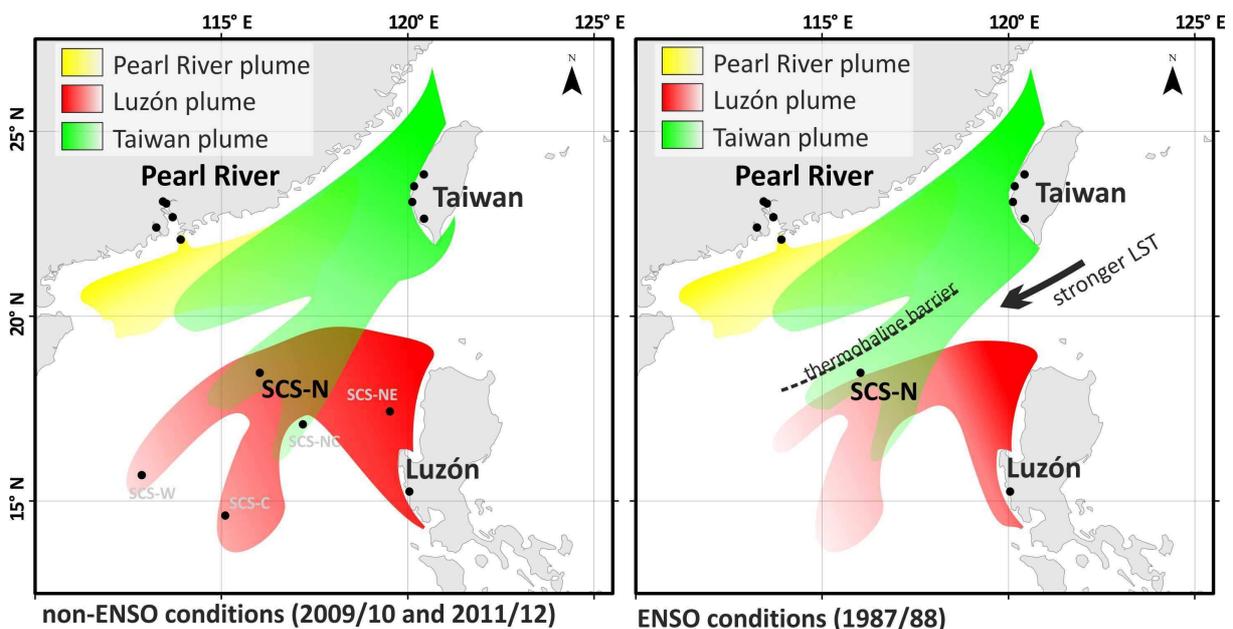


Abb. 16: Hypothetische Verdriftung der fluvialen Suspensionsfahnen Luzons, Taiwans und Südchinas durch die ganzjährige zyklonale Tiefenströmungen < 2000 m während ENSO-freier Jahre und ENSO-Events im nördlichen Südchinesischen Meer (Schröder et al., 2015).

Eine erhöhte Zufuhr lithogener Komponenten aus dem Bereich des nördlichen philippinischen Archipels während ENSO-neutraler Phasen wird auch durch die Verteilungen der Lanthaniden indiziert. Diese zeichnen sich durch einen erhöhten Anteil an schweren Seltenen Erden aus, verbunden mit einer deutlich positiven Eu-Anomalie (Abb. 17), ein typisches Merkmal des suspendierten Materials der Flüsse Luzons mit einem Verhältnis von leichten zu schweren Seltenen Erden zwischen 0.03 und 0.04.

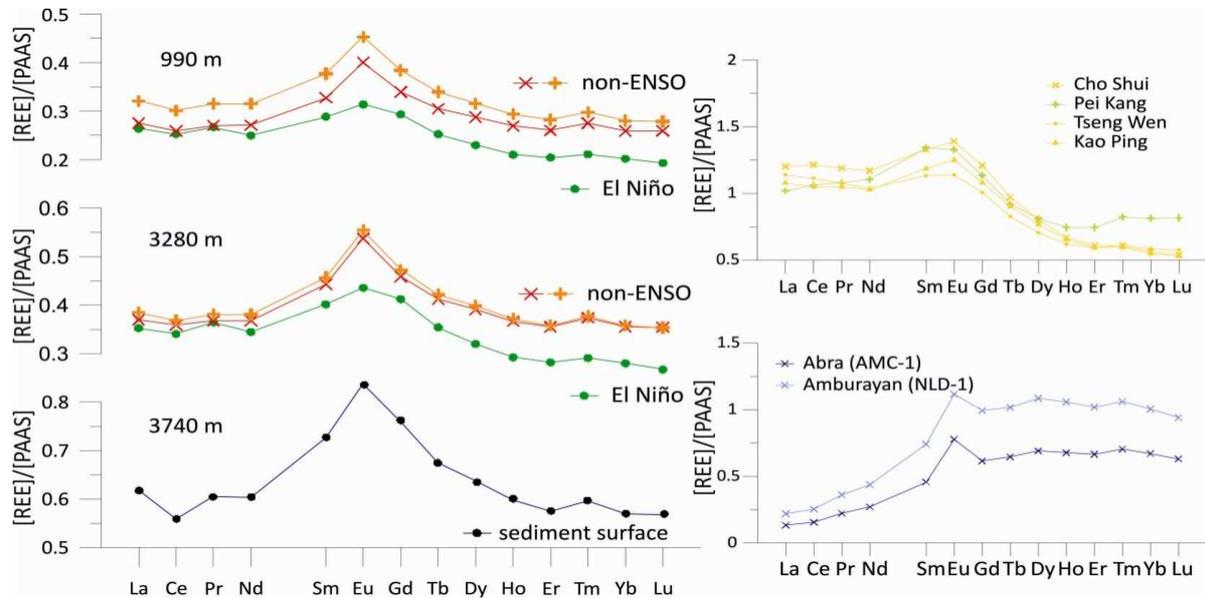


Abb.17: PAAS-normierte Konzentrationen der Lanthaniden in Sinkstoffen in 990 m und 3280 m Wassertiefe in 1987-1988, 2009-2010 und 2011-2012 (jeweils Jahresmittel) und im Oberflächensediment an der Station SCS-N sowie in den Suspensionen der taiwanesischen (rechts oben) und philippinischen (rechts unten) Flüsse (Schröder & Wiesner; in Vorbereitung).

Die für die ENSO-neutralen Phasen ermittelten Verteilungsmuster der Seltenen Erden (und Tonmineralvergesellschaftungen) entsprechen der Verteilung im Oberflächensediment (Abb. 17). Damit besteht mit den verzeichneten Veränderungen in den Spektren der Tonminerale und Seltenen Erden die Möglichkeit, zwei Tracer zur Erfassung von Warmphasen in Sedimentarchiven der jüngeren geologischen Vergangenheit im nördlichen Südchinesischen Meer zu etablieren.

## II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Im Projekt SINOFLUX II entstand der weitaus größte Teil der Kosten (61%) durch Personalausgaben (Abb. 18). An zweiter Stelle folgten die Ausgaben für Verbrauchsmaterial (22%) und (untergeordnet) Transport (7%), die sich im Wesentlichen aus den Kosten für die Überholung der Sedimentfallensysteme, für die Analyse des gewonnenen Probenmaterials und die Verschiffung der wissenschaftlichen Ausrüstung zusammensetzen. Kosten für Dienstreisen sind drittrangig (10%) und resultierten hauptsächlich aus der Teilnahme an den Forschungsfahrten (Abb. 18).

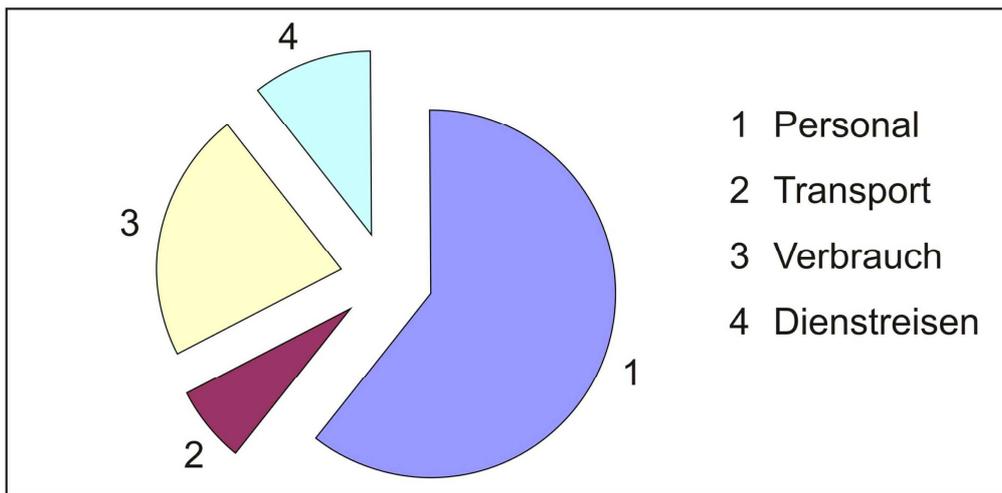


Abb. 18. Prozentuale Aufschlüsselung der Gesamtkosten des SINOFLUX II-Projekts in Personal, Transport, Verbrauch und Dienstreisen.

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

Der jährliche Zuschuss für Verbrauchs-, Transport- und Reisemittel, der aus dem Haushalt des Instituts für Geologie 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. Die durchgeführten Arbeiten sowie die dafür aufgewandten Ressourcen waren notwendig und angemessen, da sie der im Projektantrag detailliert dargelegten Planung entsprachen und alle im Arbeitsplan formulierten Aufgaben erfolgreich bearbeitet wurden. Darüber hinaus mussten keine zusätzlichen Ressourcen zur Durchführung des Vorhabens aufgewandt werden.

### II.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

#### *Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende*

Die gewonnenen Informationen zu den Auswirkungen des ENSO-Monsun Systems auf die Stoffflüsse im der nördlichen Südchina See sind ein erster Schritt zur Prognose zukünftiger Entwicklungen, die die Bemühungen der regionalen und nationalen Behörden in China um die Entwicklung nachhaltiger Managementkonzepte und die Vermeidung destruktiver Entwicklungen durch die Bereitstellung wissenschaftlicher Grundlageninformation zukünftig unterstützen sollen.

#### *Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende*

In 2014 und 2015 wurden die von unserem Projektpartner an der Tongji University in 2013 entlang des Kontinentalhangs ausgelegten Sedimentfallenverankerungen geborgen und erneut ausgelegt, ausgehend von der nördlichen Luzon-Straße bis in den Bereich des SINOFLUX-Arbeitsgebietes (Abb. 1). Dies sollte klären helfen, welche Rolle die mit dem Einstrom des Kuroshio einhergehende Bildung mesoskaliger Eddies und die ganzjährig zyklonale Tiefenströmung für das Sedimentationsgeschehen einnimmt. Diese erhebliche technische Verstärkung unserer Untersuchungen sowie die sehr gute personelle und hinsichtlich der Bewältigung der jeweiligen Arbeitspakete sehr gute instrumentelle Ausstattung der Teams sind in der Summe Garant für eine erfolgreiche Fortführung der Untersuchungen im Rahmen des am 01.07.2015 angelaufenen Projekts SINOFLUX III.

### *Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit*

Gezielte Maßnahmen zum Schutz der Ressourcen lassen sich aus den bislang erzielten Ergebnissen noch nicht ableiten, sind jedoch aufgrund der Bedeutung intakter Ökosysteme von großem wirtschaftlichen Interesse für die küstennahen Meeresregionen Chinas. Die Fortführung der Untersuchungen wird die Planungsgrundlage zur Bewertung natürlicher geologischer Gefährdungen wie die prognostizierte Zunahme in der Frequenz und Amplitude von ENSO-Ereignissen und Taifunen in der Schelfregion Südchinas verstärken. Sie dient als Entscheidungshilfe bei Nutzungskonflikten zwischen aufstrebendem Tourismus und anderen wirtschaftlichen Interessen, wie der Fischerei und der Entnahme mineralischer Ressourcen und damit einer nachhaltigen 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. Die Ergebnisse leisten zudem einen wichtigen Beitrag zu den UNDP Programmen ‚Biodiversity Management in the Coastal Area of China’s South Sea‘ und ‚Reversing environmental degradation trends in the South China Sea and the Gulf of Thailand‘. Mit der Fortführung der Zeitserienmessungen mittels Sedimentfallen im Rahmen des Projekts SINOFLUX III bis 2017 wird es möglich, diese Datenbasis für Präventiv- und Schutzmaßnahmen zu erhöhen.

### **II.5 Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt 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.

### **II.6 Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen**

Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen sind nicht erfolgt, Schutzrechte wurden nicht in Anspruch genommen.

### **II.7 Erfolgte oder geplante Veröffentlichung des Ergebnisses**

#### *Beiträge in Zeitschriften*

Wang, X., Chen, R., Zhao, Q., Chen, J., Ran, L., Wiesner, M.G. (2014); Influence of the East Asian monsoon on seasonal variations of planktonic foraminiferal fluxes and stable isotopes in the northern South China Sea during 2009-2010. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 34 (1) 103-115.

Zhou, S., Liu, Z., Zhao, Y., Stattegger, K., Wiesner, M.G. (2014) A high resolution clay mineralogical record and its paleoenvironmental significance in the eastern Gulf of Tonkin over the past 2000 years. *Quaternary Sciences*, 34 (3), 600-610

Ran, L., Chen, J., Wiesner, M.G., Ling, Z., Lahajnar, N., Yang, Z., Li, H. Hao, Q., Wang, K. (2015): Variability in the abundance and species composition of diatoms in sinking particles in the northern South China Sea: results from time-series moored sediment traps. *Deep-Sea Research* (in press).

Schröder, A., Wiesner, M.G. Liu, Z. (2015): Clay mineral fluxes in the South China Sea. *Earth and Planetary Science Letters* (accepted).

Liu, Z., Zhao, Y., Colin, C., Stattegger, K., Wiesner, M.G. Huh, C.-A., Zhang, Y., Li, X., Sompongchaiyakul, P., You, C.-F., Huang, C.-Y., Liu, J.T., Siringan, F.P., Le, K.P. Sathiamurth, E., S Hantoro, W.S., Liu, J., Tuo, S., Zhou, S., He, Z., Wang, Y.,

Bunsomboonsakul, S., Li, Y. (2015): Source-to-sink processes of fluvial sediments in the South China Sea. *Earth Science Reviews* (accepted).

Zhang, Q., Liu, Z., Zhao, Y., Stattegger, K., Wiesner, M.G.: Clay mineral assemblages since the last deglaciation in the Gulf of Tonkin and their response to sea level change. *Chinese Science Bulletin* (submitted).

Li, H., Wiesner, M.G., Chen, J., Ran, L.: Climatological seasonal variability of the mesopelagic biogenic particle fluxes in the central South China Sea: Strength and efficiency. *Deep-Sea Research* (submitted).

Schroeder, A., Wiesner, M.G.: Clay minerals fluxes during El Niño and non-ENSO periods in the South China Sea (in preparation).

#### *Beiträge in Fachkonferenzen*

Wiesner, M.G., Lahajnar, N., Zheng, L., Chen, J., Ran, L., Chen, R., Nguyen, L.N., Peleo-Alampay, A., Doan, N.H., Jehle, S., de Silva, L., Liu, Z., Heddaeus, A., Stichel, T., Fernando, A.G., Gaye, B., Metzke, M. (2013): Particle flux in the South China Sea during El Niño and non-ENSO periods. American Geophysical Union, Fall Meeting 2013, San Francisco, abstract #OS24A-05.

Zhang, Q.; Liu, Z.; Szczygielski, A.; Stattegger, K.; Zhao, Y.; Wiesner, M.G. (2013). Clay mineral assemblages and sedimentary environment evolution over the past 13 kyr in the Gulf of Tonkin, northwestern South China Sea. American Geophysical Union, Fall Meeting 2013, San Francisco, abstract #PP11A-1780

Stattegger, K., Unverricht, D., Szczucinski, W., Liu, Z., Heinrich, C., Nguyen, C.T., Lahajnar, N. (2013): Shelf clinofolds and suspended sediments at the northern and western margin of the South China Sea. American Geophysical Union, Fall Meeting 2013, San Francisco, abstract #OS24A-03.

Heddaeus, A., Wiesner, M.G., Liu, Z. (2013): Sources, transport and deposition of lithogenic matter in the South China Sea - Considerations for clay mineral proxy interpretation. Joint Annual Meeting DMG and GV & Sediment, September 16-20, 2013, Tübingen,.

Schröder, A., Wiesner, M.G., Liu, Z., Garbe-Schönberg, D. (2015): Partikelfluss im nördlichen Südchinesischen Meer. BMBF Workshop „Meeresforschung mit FS SONNE“, Februar 12-13, 2015, MARUM, Bremen.

Svensson, K., Heyckendorf, K., Wiesner, M.G. (2015): Schwerminerale im Golf von Tonkin - Vorläufige Ergebnisse. Poster, BMBF Workshop „Meeresforschung mit FS SONNE“, Februar 12-13, 2015, MARUM, Bremen.

Narman, L., Stattegger, K., Wiesner, M.G., Scholten, J., (2015): Rezente Sedimentation im Golf von Tonkin. Poster, BMBF Workshop „Meeresforschung mit FS SONNE“, Februar 12-13, 2015, MARUM, Bremen.

Peleo-Alampay, A.M., Fernando, A.G.S., Tangunan, D.N., Ardiente, D.M., Wiesner, M.G., (2014): Calcareous nannofossils from sediment traps and core sediments of the South China Sea. 7<sup>th</sup> FLUSED Workshop, December 12-14, 2014, Kota Kinabalu Malaysia.

#### *Abschlussarbeiten*

Narman, L. (2015): Rezente Sedimentation im Golf von Tonkin. M.Sc. Abschlussarbeit, Sektion Geowissenschaften, Universität Kiel, und Department Geowissenschaften, Universität Hamburg, 1-92.

Schroeder, A. (2015): Changes of clay mineral and trace element characteristics of sinking particulate matter during transport into the deep South China Sea. Dissertation (im Cotutelle-Verfahren), Tongji University, Shanghai, und Universität Hamburg, 1-151.

Svensson, K. (2015): Schwerminerale im Golf von Tonkin. Diplomarbeit, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Hamburg, 1-81.

### III 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'o, 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 nanofossils 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.
- 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. 16<sup>th</sup> 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., Wetzel, 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 Erfolgskontrollbericht)**

## V Berichtsblatt / Document Control Sheet

### Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Auswirkungen des ENSO-Monsun-Systems auf die biogeochemischen Stoffflüsse in der nördlichen Südchina-See (SINOFLUX II)	
4. author(s) (family name, first name(s)) Wiesner, Martin G.; Chen, Jianfang, Lahajnar, Niko, Ran, Lihua, Liu, Zhifei, Schröder, Annette; Chen, Ronghua	5. end of project 30.06.2015
	6. publication date planned
	7. form of publication
8. performing organization(s) (name, address) Universität Hamburg Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften Department für Geowissenschaften Institut für Geologie (ehemals Institut für Biogeochemie und Meereschemie)	9. originator's report no.
State Oceanic Administration Second Institute of Oceanography Hangzhou, PR China	10. reference no. 03F0673A
State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University Shanghai, PR China	11. no. of pages 24
12. sponsoring agency (name, address)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 27
	14. no. of tables
	15. no. of figures 18
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Projekträger Jülich; Forschungszentrum Jülich, Rostock-Warnemünde 20.07.2015	
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) Paläoproxy Parameter zu testen und abzustimmen. 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) episodische Staubeinträge während der Spätphase des NE-Monsuns die Primärproduktion beeinflussen; (iv) die terrigenen (lithogenen) Partikel nach den Verteilungsmustern der Tonminerale und Seltenen Erden den taiwanesischen (Illit) und nordphilippinischen (Smektit) Flüssen zuzuordnen sind. 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, verbunden mit der Abnahme der Diatomeenflüsse um drei Größenordnungen. Damit einhergehend verschiebt sich das Smektit/Illit-Verhältnis zugunsten des Illits als Folge der geringeren Niederschläge auf Luzon und dem verstärkten Einstrom von Tiefenwasser durch die Straße von Luzon.	
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 II)	
4. author(s) (family name, first name(s)) Wiesner, Martin G.; Chen, Jianfang, Lahajnar, Niko, Ran, Lihua, Liu, Zhifei, Schröder, Annette; Chen, Ronghua	5. end of project 30.06.2015
	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 Geology (formerly Institute of Biogeochemistry and Marine Chemistry)  State Oceanic Administration Second Institute of Oceanography Hangzhou, PR China  State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University Shanghai, PR China	9. originator's report no.
	10. reference no. 03F0673A
	11. no. of pages 24
12. sponsoring agency (name, address)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 27
	14. no. of tables
	15. no. of figures 18
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date) Projekträger Jülich; Forschungszentrum Jülich, Rostock-Warnemünde 20.07.2015	
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. 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) episodic fallouts of dust during the late NE-monsoon enhance export productivity; (iv) based on the clay mineral and rare earth element distribution patterns the terrigenous particles can be related to advective input from the Taiwanese and northern Philippine rivers. 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. This is paralleled by a shift of the smectite/illite ratio towards illite due to the reduction in precipitation over Luzon and the stronger inflow of deep water across the Luzon Strait.	
19. keywords Northern South China Sea, monsoon, ENSO, particle flux	
20. publisher	21. price