

Bereichen zurück, die dazu führen, dass sedimentiertes organisches Material für einen längeren Zeitraum an der Sediment-Wasser-Grenze exponiert bleibt und dadurch einer intensiveren Degradation ausgesetzt wird (z.B. Lee, 1994, Hedges & Keil, 1995). Die mittleren Gesamtakkumulationsraten nehmen von NBBT-N (ca. 3 cm yr⁻¹) zu SBBT (2,3 cm yr⁻¹) ab (Hoffmann, 1990), so dass dieser Prozess auch im Golf von Bengalen relevant ist.

Bei einer mittleren Akkumulationsrate von 0,1 g POC m⁻² yr⁻¹ werden in den oben genannten Grenzen jährlich 0,29 x 10⁶t POC in die Sedimente des Golf von Bengalen eingebettet. Auch wenn diese Abschätzung aufgrund der geringen regionalen Auflösung der Akkumulationsrate nur als Anhaltspunkt gelten kann und die Schelf- und Slopebereiche (<1000m) ausgeschlossen sind, wird doch deutlich, dass nicht nur ein Großteil des marin produzierten, sondern auch des fluviatil eingetragenen Materials abgebaut bzw. über die hier angenommen Grenzen des Golfes hinaus, wie von Bartsch (1992) vorgeschlagen, verfrachtet wird. Eine bevorzugte Sedimentation des terrigenen POC im Bereich des heute noch aktiven Tiefseekanalensystems ist denkbar, da der Großteil des Massentransports vom Schelf über diese Kanäle stattfindet (z.B. Kuehl et al. 1989, Weber et al., 1997). Das kann heißen, dass an den Fallenstationen nur ein geringer Teil des fluviatil eingetragenen terrigenen POC abgelagert wird.

6. Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die regionale und saisonale Variabilität des Partikelflusses im Golf von Bengalen untersucht. Dieser Bereich des nördlichen Indischen Ozeans unterliegt dem monsonalen Klimasystem und steht unter dem Einfluß enormer fluviatiler Einträge. Für die Diskussion wurden Daten von jeweils zwei Stationen im nördlichen und zentralen Bereich und einer Station im südlichen Bereich des Arbeitsgebietes betrachtet, die einen Zeitraum von ca. 9 Jahren abdecken.

Die mittlere Zusammensetzung der Sinkstoffe ist durch die im globalen Vergleich hohen Gehalte des lithogenen Materials von ca. 12-40 % bestimmt, die mit zunehmender Distanz zum Kontinent abnehmen. Der Anteil des Karbonats nimmt hingegen von Norden nach Süden zu und liegt mit 28-51% über dem des biogenen Opals, dessen Anteil regional wenig variiert (21-26%). Das Verhältnis dieser beiden Komponenten ist im Vergleich zu anderen tropischen und subtropischen Meeresgebieten zugunsten des Opals verschoben. Dies ist in erster Linie auf den hohen fluviatilen Eintrag von gelöstem Silikat in den Golf von Bengalen zu erklären. Mit den niedrigen Karb/Opal-Verhältnissen gehen relativ hohe C_{org}/C_{carb}-Verhältnisse einher, die eine erhöhte Effektivität der biologischen Kohlenstoffpumpe im Arbeitsgebiet indizieren.

Durch die langjährige Untersuchung konnte eine ausgeprägte interannuelle Variabilität des Partikelflusses erfasst werden, die sich in der Menge und Zusammensetzung des abgeführten Materials widerspiegelt.

Für den nördlichen Teil des Arbeitsgebietes (NBBT-N im Norden und NBBT-S im Süden) konnten vier Faktoren ausgemacht werden, die den Partikelfluss wesentlich beeinflussen. (i) Flussmaxima während des NE-SW-Intermonsuns und frühen SWM werden durch die Advektion nährstoffreicher Wassermassen aus dem nordwestlichen Golf induziert. In dieser Zeit treten maximale Opalflüsse auf, begleitet von erhöhten Flüssen des lithogenen Materials, das durch die absinkenden organische Aggregate aus der Wassersäule filtrierte wird. (ii) In Jahren mit extrem hohen

Niederschlägen während des SW-Monsuns und daran gekoppelte Überflutungen auf dem Kontinent führt der starke fluviatile Eintrag von Nährstoffen und partikulärem Material zu deutlich erhöhten Flussraten. Unter dem Einfluß dieses Steuerungsfaktors sind die Sinkstoffe durch hohe Anteile lithogenen Materials und niedrige Karb/Opal-Verhältnisse gekennzeichnet. Dieser Effekt wird durch die Einwirkung der SWM-Winde modifiziert, indem starke Winde die Ausbreitung der Flussfahne einschränken. Dies resultiert für die Zeit des Sommermonsuns in geringeren Gesamtflüssen und höheren Anteilen des Karbonats. (iii) Das Auftreten eines kleinräumigen Wirbels, in dessen Zentrum kühlere Wassermassen an die Oberfläche kamen, wirkte sich im Jahr 1997 positiv auf die Produktivität des opalinen Planktons aus. Dieser Prozess scheint in Jahren geringen fluviatilen Eintrags von Bedeutung zu sein. Er resultiert jedoch im interannuellen Vergleich in deutlich verringerten Gesamtflüssen. (iv) Das auftretende Windmuster mit maximalen Windgeschwindigkeiten während des SWM sowie im Zusammenhang mit regelmäßig auftretenden Zyklonen wirkt sich vor allem positiv auf die Karbonatflüsse aus.

Mit zunehmender Entfernung zur Küstenlinie geht der Einfluß sowohl des fluviatilen Eintrags als auch des Küstenauftriebs auf den Partikelfluss im nördlichen Golf von Bengalen zurück. Dies spiegelt sich in geringeren Gesamtflüssen und reduzierten Lithogenanteilen an NBBT-S wider. Überdurchschnittlich hohe Flussraten werden hier durch das Auftreten starker SWM-Winde erreicht, die durch die intensive Durchmischung (und möglicherweise Auftrieb) eine hohe Produktivität sowohl des opalinen als auch des karbonatischen Planktons auslösen, die in diesen Jahren die an NBBT-N übersteigt.

Im zentralen Golf von Bengalen (CBBT) wird der Partikelfluss im wesentlichen von drei Faktoren gesteuert. (i) Auftrieb entlang der Ostküste Indiens während des SWM sowie des NE-SW-Intermonsuns wirkt sich über die Advektion der Wassermassen auf den Partikelfluss an der zentralen Station aus. Besonders deutlich zeichnet sich das in erhöhten Opalflüssen während des NE-SW-Intermonsuns ab. (ii) Wie auch im nördlichen Teil des Arbeitsgebietes steuern die Winde auch im zentralen Teil vor allem das Flussmuster der karbonatischen Komponente. (iii) Die Nähe zur Ostküste Indiens mit ihrem relativ schmalen Schelfbereich resultiert in hohen Anteilen lithogenen Materials. Die episodisch hohe Zufuhr von resuspendierten Schelfsedimenten führt hier besonders in den tiefen Fallen zu maximalen Partikelflüssen, die von lithogenem Material dominiert werden. Der Vergleich zweier Stationen in diesem Bereich des Arbeitsgebietes konnte zeigen, dass der kontinentale Einfluss räumlich begrenzt ist.

Im distalen, südlichen Golf von Bengalen ist der kontinentale Einfluss am geringsten. Zwei Faktoren wirken sich hier auf die Variabilität des Partikelflusses aus und führen zu Flussmaxima während des SW-Monsuns. (i) Erhöhte Windgeschwindigkeiten während des Sommermonsuns und die daran gekoppelte Zufuhr von Nährstoffen in die euphotische Zone regen insbesondere die Produktion des karbonatischen Planktons an. (ii) Die interannuell variable Advektion von nährstoffreichen Wassermassen aus dem Auftriebsgebiet vor der SW-Küste Indiens (Arabisches Meer) führt zu höchsten SWM-Flüssen und zu einem deutlich erhöhten Anteil opalinen Materials. Dieser Prozess resultiert in maximalen POC-Flüssen und einer gesteigerten Effektivität der biologischen Kohlenstoffpumpe.

Das organische Material in den Sinkstoffen wurde durch die Untersuchung der Kohlenhydrate näher charakterisiert. Die Flussraten der Kohlenhydrate, die als labile Komponente zum POC-Fluss beitragen, liegen in dem für marine Gebiete typischen Bereich. Sie sind eng an die Gesamt- und POC-Flüsse gekoppelt und zeigen eine entsprechende Saisonalität. Ihr Ursprung wird im wesentlichen in der marinen Produktion gesehen. Ihr Anteil am Gesamt POC beträgt im Durchschnitt ca. 3,4-5,2% und wird durch den Eintrag refraktärer organischer Substanz vom Kontinent verringert.

Zur Charakterisierung der fluviatil eingetragenen organischen Substanz wurden Schwebstoffe vom nördlichen Schelfbereich des Arbeitsgebietes in die Untersuchung mit einbezogen. Der hohe Lithogenanteil von durchschnittlich 80% unterstrich die Bedeutung des fluviatilen Eintrags für die Gesamtzusammensetzung des Materials. Die Analyse des labilen organischen Materials konnte hingegen zeigen, dass die marine Neuproduktion in den Bereichen, in denen eine ausreichende Lichteindringung Photosynthese erlaubte, die Qualität des POC dominierte. Der refraktäre Charakter des fluviatil eingetragenen POC wurde dann überprüft.

Der Vergleich der Suspension mit den Sinkstoffen und Sedimenten aus dem nördlichen Golf von Bengalen zeigte, dass das Signal der marinen Neuproduktion bis in die Sedimente hinein erhalten bleibt, obwohl das organische Material während des Transports in die Tiefsee starken Abbauprozessen ausgesetzt ist.

Die anhand der Flußraten des organischen Kohlenstoffs berechnete Primärproduktion liegt im offenen Golf von Bengalen bei ca. $125 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$. Daraus ergibt sich für die distalen Bereiche eine Gesamtproduktion von $250 \times 10^6 \text{ t C yr}^{-1}$. wovon ca. 2,1% ($5,1 \times 10^6 \text{ t C yr}^{-1}$) über den Partikelfluss in die tiefen Bereich des Golf von Bengalen verfrachtet werden. Lediglich 3,9% des in die Tiefsee verfrachteten POC werden letztendlich in die Sedimente eingelagert ($0,2 \times 10^6 \text{ t C yr}^{-1}$). Unsicherheiten ergeben sich bei dieser Berechnung aus der starken Lateralkomponente des Partikelflusses und dem Anteil des terrigenen organischen Kohlenstoffs an den Sinkstoffen. Es wird jedoch klar, dass nicht nur der Großteil des primärproduzierten, sondern auch des fluviatil eingetragenen, vermeintlich stabilen POC ($2,5\text{-}3,75 \times 10^6 \text{ t C yr}^{-1}$) respiriert wird.