

Abschlussbericht BMBF-Projekt 03F0392

SPICE Cluster 3.1:

Coastal Ecosystem Health:

Transfer of Natural and Anthropogenic Materials from Land to the Coastal Sea. Case Study: Siak River, Riau Province, Sumatra

Gesamtlaufzeit des Projektes. 01.08.2003 – 28.02.2007

Projektleiter:

TP1: Prof. Dr. W. Balzer (Koordinator)

Mitarbeiter: I. Becker, T. Daberkow, K. Frische, M. Lukman
Universität Bremen, FB 2 - Meereschemie, 28359 Bremen

TP2: Prof. Dr. G. Liebezeit

Mitarbeiter: R. Wöstmann
Forschungszentrum Terramare, 26382 Wilhelmshaven

TP3: Dr. T. Rixen

Mitarbeiter: A. Baum
Zentrum für Marine Tropenökologie, 28359 Bremen

TP4: Dr. T. Pohlmann, Dr. Peter Damm

Mitarbeiter: Dr. M. Putri
Universität Hamburg, Institut für Meereskunde, 20146 Hamburg

TP5: Dr. H. Siegel

Mitarbeiter: Dr. Jan Reißmann, Iris Stottmeister, Monika Gerth
Institut für Ostseeforschung, 18119 Rostock-Warnemuende

Das diesem Bericht zugrundeliegende Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 03F0392A-E gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Gliederung des Berichts

I. Kurzdarstellung

I.1	Aufgabenstellung.....	1
I.1_TP1	Aufgabenstellung.....	1
I.1_TP2	Aufgabenstellung.....	1
I.1_TP3	Aufgabenstellung.....	1
I.1_TP4	Aufgabenstellung.....	1
I.1_TP5	Aufgabenstellung.....	2
I.2	Voraussetzungen, unter denen das Projekt durchgeführt wurde.....	2
I.3	Planung und Ablauf des Vorhabens.....	4
I.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....	6
I.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	8

II Eingehende Darstellung

II.1_TP1	Erzielte Ergebnisse.....	9
II.1_TP2	Erzielte Ergebnisse.....	23
II.1_TP3	Erzielte Ergebnisse.....	41
II.1_TP4	Erzielte Ergebnisse.....	45
II.1_TP5	Erzielte Ergebnisse.....	54
II.2	Nutzen und Verwertbarkeit.....	65
II.2.1	Kurze Zusammenfassung des Gesamtergebnisses.....	65
II.2.2	Verwertbarkeit der Teilprojekt-Einzelergebnisse.....	66
II.2.3	Verwertbarkeit durch Informationen an die Endnutzer.....	68
II.3	Fortschritte von anderen Stellen.....	71
II.4	Veröffentlichungen.....	72
II.5	Appendices.....	75

III. Erfolgskontrollbericht

III.1	Beitrag zu den förderpolitischen Zielen.....	84
III.2	Wissenschaftlich-technische Ergebnisse.....	84
III.3	Verwertungsplan.....	86
III.4	Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben.....	86
III.5	Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer.....	86
III.6	Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung.....	86
	Verwendete Literatur.....	87
	Berichtsblatt.....	89

I. Kurzdarstellung

I.1 Aufgabenstellung

Das Ziel des durchgeführten Projektes war die Bestimmung verschiedener Schadstoffklassen, deren Stoffflüsse und Transformationsprozesse in einem indonesischen Fluss-Ästuar-Küstensystem und die Abschätzung ihrer eventuellen Wirkungen auf das Küstenökosystem. Exemplarisch für Sumatra und viele ähnliche Küstengebiete Indonesiens sollte dies im Siak-Fluss in der Provinz Riau (Zentral-Sumatra) durchgeführt werden. Das Konzept des SPICE-Cluster 3.1 sah vor, dass die Bestimmung verschiedener Schadstoffklassen (in TP 1, TP 2, TP 3) und Untersuchungen zu Quellen und Transport von natürlicher organischer Substanz (u.a. als Transportmedium der Schadstoffe) mit Modellen und Satellitenbeobachtungen (in TP4, TP5) zu Ausbreitung und Verbleib in der angrenzenden Malakka-Strasse kombiniert werden.

I.1_TP1 Aufgabenstellung

Insbesondere ging es in dem TP 1 um:

Die Bestimmung verschiedener Schwermetalle sowie einiger anthropogen unbeeinflusster Elemente in Schwebstoffen und – soweit möglich – auch in Lösung auf Transekts vom Süßwasserbereich über das Ästuar bis in den Küstenbereich.

Die Quantifizierung der wichtigsten Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH) als wichtigster organischer Schadstoffklasse in diesem Gebiet. Dies rührt daher, dass die PAH-enthaltenden anthropogenen Buschfeuer (zumeist zur Änderung der Landnutzung) zeitweilig so intensiv waren, dass sogar in Nachbarländern Atemnotprobleme auftraten.

Die Bestimmung dieser beiden Schadstoffklassen – sowie eingeschränkt auch ausgewählter Organochlor-Pestizide – in der Feinfraktion von Sedimenten, um etwas über das Schicksal der Schadstoffe und evtl. die historische Entwicklung der Belastung zu erfahren.

Die Untersuchung der ästuarinen Struktur des Siak (zusammen mit den anderen TP's), um nach Möglichkeit die Wasser- und Schwebstoffflüsse anzuschätzen und

Schließlich – ebenfalls mit den anderen TP's zusammen – um die Erstellung eines Kurzberichts über den Verschmutzungsgrad des Siak-Systems und einiger Management-Empfehlungen für die Provinz-Regierung sowie die lokale Industrie.

I.1_TP2 Aufgabenstellung

Ziel des Projektes RENTT (TP2) war es, Quellen, Transport und Verbleib von natürlichen organischen Verbindungen wie Kohlenwasserstoffe, Fettsäuren, Steroiden und Terpenoiden zu untersuchen. In Zusammenarbeit mit den anderen am SPICE-Cluster 3.1 beteiligten Arbeitsgruppen sollten dann die wesentlichen Belastungsschwerpunkte des Siak-Systems ermittelt werden.

I.1_TP3 Aufgabenstellung

Ziel des durchgeführten Projektes (TP3) war es, die Verteilung der für den organischen Kreislauf und für Eutrophierungsprobleme relevanten C-N-P-Si Verbindungen zu bestimmen. Sodann sollten deren Stoffflüsse und die Transformationsprozesse im Siak (Fluss in Zentral-Sumatra) identifiziert und quantifiziert werden. Schließlich war ihre Bedeutung und ihr Gefährdungspotential für das Küstenökosystem abzuschätzen.

I.1_TP4 Aufgabenstellung

Untersucht werden sollten die Strömungen und die physikalischen Parameter Wasserstand,

Salzgehalt und Temperatur im Mündungsbereich des Siak-Flusses und im angrenzenden Ästuar in der Provinz Riau auf Zentral-Sumatra (Riau Archipel). Für die Untersuchung von biologischen Systemen ist eine Grundvoraussetzung die Kenntnis des physikalischen Hintergrundsignals. Temperatur und Salzgehalt nehmen direkt Einfluss auf die chemischen und biologischen Prozesse, während die Strömungen für ein Verdriften (Advektion) der chemischen und biologischen Parameter sowie des Schwebstoffes innerhalb des Untersuchungsgebietes aber auch für den Austausch über dessen Berandungen verantwortlich sind.

Ein Ziel dieser Arbeit war, die physikalischen Parameter in ausreichender Auflösung zur Verfügung zu stellen. Hierbei sollte für aktuelle Perioden, an denen Messkampagnen auf dem Siak-Fluss und im angrenzenden Ästuar stattgefunden haben, die hydrodynamische Situation mit dem Zirkulationsmodell simuliert werden, um auf diese Weise die weitere Ausbreitung der im Flusslauf gemessenen Substanzen im Ästuar beschreiben zu können.

Die Ergebnisse der Strömungssimulation wurden dazu herangezogen, nachgeschaltete Transportmodelle zu betreiben. Entsprechend den Erfordernissen kamen sowohl Eulersche als auch Lagrangesche Ausbreitungsmodelle zum Einsatz. Es wurden Ausbreitungsszenarien für diverse Ausbreitungsorte und -zeiten durchgerechnet. Auf diese Weise ließ sich die Belastung und Gefährdung des Gesamtuntersuchungsgebietes sowie einzelner Teilbereiche abschätzen. Außerdem konnten mithilfe der Transportmodellierung der Verbleib und auch der Austrag von Schadstoffen aus der Region genauer untersucht werden.

I.1_TP5 Aufgabenstellung

Satellitendaten im sichtbaren und infraroten Spektralbereich sollten genutzt werden, um die Verteilung der Wasserinhaltsstoffe und der Wasseroberflächentemperatur (SST) im Siak Ästuar und in den angrenzenden Küstengebieten (Riau Provinz) synoptisch zu untersuchen. Die Hauptziele des Projektes waren:

Identifikation von Quellen unterschiedlicher Wassermassen im gesamten Flusssystem anhand von Satellitendaten und in-situ Messungen

Transport und Ausbreitung des Flusswassers (Schadstoffe) im Mündungsgebiet und in der Malakka-Strasse

Kombination von Satellitendaten und hydrodynamischen Modellsimulationen zur Validation der Modellergebnisse und zum Verständnis der Entwicklung dynamischer Strukturen

Bestimmung der Lage der beeinflussten Gebiete in Relation zu Korallenriffen, Aqua-Kultur, Mangroven und touristischen Regionen während der Monsunphasen

Es wurden vergleichende Systematisierungen aller Messkampagnen durchgeführt, um so die treibenden Prozesse zu erfassen, Gebiete mit Besonderheiten bzgl. der Inhaltsstoffzusammensetzung zu identifizieren und den Transport des Flusswassers im Ästuar zu verstehen. Eine Sammlung von wolkenfreien Satellitendaten verschiedener Sensoren wurde durchgeführt, die Informationen über die Wasseroberflächentemperatur (NOAA-AVHRR) und Wasserfarbe in unterschiedlicher räumlicher und spektraler Auflösung (MODIS und Landsat 7 ETM+) liefern. Sie wurden genutzt, um die Transportprozesse besonders im Ästuar in Abhängigkeit von Monsun- und Gezeitenphasen zu untersuchen. Vorgesehen war auch die studentische Aus- und Weiterbildung.

I.2 Voraussetzungen, unter denen das Projekt durchgeführt wurde

Die Provinz Riau (Sumatra) mit ihrer rasch wachsenden Ökonomie leidet unter vielen Formen der Umweltbelastung. Zeitungsberichte sowie Indikatoren wie Fischereierträge belegen, dass die Flüsse Ost-Sumatras wie der Siak, sein Ästuar und das Küstengebiet v.a. in der letzten Dekade einem gewissen Niedergang unterliegen. Als Ursache wurden die vielfältigen anthropogenen Einwirkungen vermutet, die neben geänderter Landnutzung vor allem munizipale und industrielle Abwässer als Folge raschen ökonomischen Wachstums sowie Rohstoffabbau-Wässer umfassen. Neben den sauerstoffzehrenden Inhaltsstoffen (Eutrophierung) bilden Schwermetalle und

organische Schadstoffe (u.a. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) wegen ihrer potentiellen Toxizität eine der wesentlichen Belastungen für die ästuarine und küstennahe Umwelt Ost-Sumatras. Um optimale Maßnahmen in Hinblick auf diese und weitere Gefährdungspotentiale (z.B. aus Bioziden) für die sich verschlimmernden Umweltbedingungen zu planen, müssen zusätzlich Kenntnisse über die Herkunft der organischen Substanz sowie über die Transport- und Ausbreitungsbedingungen des Siak vorhanden sein.

Dennoch gab es zu Beginn der gemeinsamen Arbeiten bis auf sehr knappe "graue Literatur" keine Daten in der wissenschaftlichen Literatur über den Zustand des Siak oder anderer Flüsse Ost-Sumatras. Da die Universität von Riau (UNRI) innerhalb des Verbundes der indonesischen Universitäten einen Schwerpunkt für Untersuchung von Umweltbelastungen besitzt, wurde zusammen mit dem Fachbereich „Fischerei und Meereswissenschaften“ und dem Fachbereich „Chemie“ eine systematische Untersuchung des Siak-Flusses durchgeführt. Diese erstreckte sich von den zwei Siak-Quellflüssen (Tapung Kiri und Tapung Kanaan) an der Provinzhauptstadt Pekanbaru und flussabwärts liegenden Industriegebieten vorbei über den gezeitenbeeinflussten Ästuarbereich bis in die Küstenzone. Das Wasser des Siak ist auf der gesamten Strecke durch hohe Konzentrationen an Huminstoffen bräunlich gefärbt, was im Unterlauf durch Zufluss aus einem Schwarzwasserfluss noch verstärkt wird.

In Hinblick auf evtl. Maßnahmen der Endnutzer (Regionalregierung, lokale Industrie) sollte ein Beitrag zur Frage geleistet werden, inwieweit die verschiedenen Stoffe durch ästuarine Prozesse abgebaut (org. Schadstoffe) oder im Sediment vergraben werden bzw. in die Küstenzone gelangen.

Die im Vordergrund stehenden Schadstoffklassen (Eutrophierende Substanzen, Schwermetalle, PAH, Organochlor-Pestizide) sollten jedoch nicht nur – wie zumeist üblich – in gelöster Form untersucht werden. Vielmehr werden sie zu einem wesentlichen Teil durch natürliche Flusspartikel und Kolloide transportiert, über deren Zusammensetzung ebenfalls wenig bekannt ist.

Da das organische Material in Ästuar- und Küstensedimenten sowohl marinen als auch terrestrischen Ursprungs sein kann, ist zur Unterscheidung des eingetragenen Materials eine geochemische Identifikation aller möglichen Quellen nötig. Solche Daten liegen für das Siak-System bislang nicht vor. Ein Vergleich der wichtigsten pflanzlichen Quellen mit Ergebnissen von Sedimentanalysen sollte es ermöglichen, die Quellen des sedimentären organischen Materials zu ermitteln.

Nach Angaben unserer Kooperationspartner wurden in der Presse für jedes Jahr mehrere Fälle von extremer Sauerstoffarmut und teilweise von Fischsterben dokumentiert. Daher wurden von UNRI auch in der Vergangenheit Untersuchungen im Siak über die diesbezüglichen Standardparameter durchgeführt, wie Sauerstoff, Nährstoffe, Schwebstoff, Bakterienzahlen, etc. Allerdings scheint dies nicht mit einer angemessenen Beprobungsdichte und mit ausreichend validierten Methoden durchgeführt worden zu sein, so dass sich unsere neu begonnenen Studien auf keine Vorkenntnisse stützen konnten.

Um Ausbreitung und Verbleib von Problem- und Schadstoffen zu ermitteln, müssen physikalische Transportmodelle entwickelt und auf das Arbeitsgebiet großräumig angewendet werden. Zum Antrieb, zur Kalibration und zur Validation des verwendeten feinskaligen Ästuarmodells mussten zusätzlich historische und aktuelle Messdaten aus der Literatur und aus Datenbanken herangezogen oder selbst erhoben werden. Da die Datensituation in dieser Region extrem unzureichend ist, war weiterhin die Verwendung von Remote Sensing Daten unbedingt erforderlich, um flächenhafte Daten unter anderem auch von der Ausbreitungsfahne in der Siak-Mündung zur Verfügung zu haben.

Die Ergebnisse der Strömungssimulation wurden dann dazu herangezogen, Ausbreitungsszenarien für Schadstoffe in verschiedenen Bereichen des Ästuars sowie in der Gesamtregion abzuschätzen. Auf diese Weise ließ sich die Belastung und Gefährdung des Gesamt-Untersuchungsgebietes sowie einzelner Teilbereiche abschätzen. Hierfür wurde ein existierendes Transportmodell zur Simulation der Schadstoffausbreitung herangezogen, um den Verbleib und auch den Austrag von Schadstoffen aus der Region genauer untersuchen zu können.

Für die Bestimmung der Ausbreitung des Siakwassers durch Fernerkundung wurden Daten verschiedener Satellitensensoren verwendet. Da es für dieses Gebiet keine Messungen über die