

DeMarine-Umwelt

Schlussbericht

ZE:	DLR Institut für Methodik der Fernerkundung
FKZ:	50EE0718
Vorhabensbezeichnung:	DeMarine-Umwelt
Laufzeit des Vorhabens:	01.02.2008 - 31.01.2011

I. Einleitung

Aufgabenstellung

Das Teilprojekt 2 (TP2) „**Wasserqualität in Küstengewässern**“ des Verbundvorhabens DeMarine-Umwelt beinhaltet eine sehr enge Zusammenarbeit dreier Projektpartner:

DLR Institut für Methodik der Fernerkundung, verantwortlich Dr. Andreas Neumann

BC Brockmann Consult, Dr. Carsten Brockmann

GKSS (jetzt HZG) Institut für Küstenforschung, Dr. Roland Doerffer.

Hauptziel des TP war die Verbesserung der Qualität des regionalen Monitorings von Küstengewässern. Die regionalen Küstengewässer von Nord- und Ostsee sind deshalb von großem Interesse, da sich hier der Eintrag von Substanzen wegen des noch geringen Verdünnungseffektes besonders bemerkbar macht, zum anderen ist die Küstenregion von besonderer ökologischer und ökonomischer Bedeutung. Gleichzeitig sind hier im Vergleich zum offenen Ozean die größten Gradienten zu beobachten, es bilden sich Frontensysteme aus und die Verteilung unterliegt aufgrund der Tidenströme einer hohen Dynamik. In flachen Weichbodenküsten, treten hohe Schwebstoffkonzentrationen auf, die stark von Wind und Wellen abhängen und zeitlich wie räumlich sehr heterogen verteilt sind. Zur Überwachung der Küstengewässer mit Hilfe von Satellitenbeobachtungen ist daher eine räumliche wie zeitlich hohe Auflösung erforderlich. Eine adäquate Methode diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist die Verwendung und Auswertung optischer Fernerkundungsdaten, wie sie seit dem Start von ENVISAT mit dem MERIS-Instrument zur Verfügung stehen. Hauptaufgabe dieses TP war deshalb die Anpassung, Weiterentwicklung und Einführung qualitativ neuer Interpretations- und Prozessierungsverfahren um den regionalen Spezifika von Nord- und Ostsee unter besonderer Berücksichtigung der Küstennähe gerecht zu werden.

Voraussetzungen des Vorhabens

Das abbildende Spektrometer MERIS auf ENVISAT bietet mit seinem „Full Resolution“ Mode (FR) mit einer räumlichen Auflösung von 300 m gute Voraussetzungen die oben genannten Anforderungen beim Einsatz der Fernerkundung für das Monitoring von Küstengewässern zu lösen oder zumindest erheblich zu reduzieren. Die hochaufgelösten FR Daten wurden bis zum Projektbeginn allerdings bisher im Rahmen von GMES im Bereich der Meeresüberwachung nicht eingesetzt, da sie bis dahin von der ESA für operationelle Anwendungen nicht in geeigneter Weise zur Verfügung gestellt wurden und auch keine operationellen Verfahren vorlagen, die die oben aufgeführten Besonderheiten der Küstengewässer berücksichtigen. Dies ist eine entscheidende Einschränkung für Überwachungsbehörden, da die Berichtspflicht insbesondere für die Wasserrahmenrichtlinie aber für auch das Trilaterale Monitoring and Assessment Programm sehr detaillierte Informationen eines schmalen Küstenstreifens (1sm jenseits der Basislinie) fordert.

Im Rahmen verschiedener nationaler, EU- bzw. ESA-Projekte, an denen die Antragsteller beteiligt waren, wurden wissenschaftlich-methodische Vorarbeiten zur Nutzung der MERIS-FR-Daten über Küstengewässern geleistet. Dazu zählen u.a. MAPP (MERIS Anwender Produkte, DARA/BMBF), Case-2 Regional (ESA), Revamp (EU) oder HABILE (EU). In den ESA GSE-Projekten CoastWatch und MarCoast wurden von den Partnern DLR_IMF und Brockmann Consult GmbH (BC) Serviceketten zum Monitoring der Wasserqualität und zur Detektion und Überwachung von Algenblüten in Nord- und Ostsee etabliert und werden mit MERIS Reduced Resolution (RR) Daten operationell betrieben.

Ziel des Projektes war daher, die teilweise bereits vorliegenden Verfahren zur Auswertung von MERIS-Daten zu einem operationellen System zu entwickeln, um die FR Daten von MERIS für das Monitoring von Küstenregionen deutschen Nutzern in geeigneter Weise verfügbar zu machen. Dazu waren drei Säulen im Teilprojekt zu bearbeiten:

- a) Entwicklung/Konsolidierung und Validierung von regionalen FR-Produkten,
- b) Entwicklung von Indikatoren zur Umsetzung der Anforderungen aus der Wasserrahmenrichtlinie und der Europäischen Marinen Strategie und
- c) stufenweise Implementierung und Bereitstellung regionaler Monitoring- Dienste für Bundes- und Landesbehörden in Erweiterung bestehender Dienste aus MarCoast.

Schwerpunkt der Arbeiten des DLR_IMF war hierbei die Ausführung der folgenden Arbeitspakete (AP):

AP 1.1 Prozessorharmonisierung:

Entwicklung und Umsetzung einer vollautomatischen FR Prozessierungsketten für geo-ökologische Monitoringprodukte aus Fernerkundungsdaten für deutsche Küstengewässer, basierend auf vorhanden Erfahrungen und Modulen und bezüglich der Auswertung von „Reduced Resolution“ Daten.

AP 1.4 Servicebetrieb

Die routinemäßige, tägliche Prozessierung und Bereitstellung von MERIS-Daten (RR und FR) auf der Basis des MERIS-VA basierenden MarCoast-Prozessors. Die Entwicklung einer neuen FR-optimierten und autarken Prozessierungskette, die es relativ problemlos erlaubt neu- bzw. weiterentwickelte an die regionale Küstenspezifik adaptierte Interpretationsverfahren modular einzubauen bzw. auszutauschen

AP 2.2 Spezifische Verfahren Ostsee

Durchführung von Arbeiten zur Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Detektion von Blaualgenblüten (Cyanobakterien). Diese Blaualgen spielen ökologisch eine große Rolle, lassen sich aber mit den historisch zur Verfügung stehenden „Chlorophyll-Algen-Interprationsalgorithmen“ nicht befriedigend in Produktkarten wiedergeben.

Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Laufzeit des Vorhabens betrug 3 Jahre vom 01.02.2008 bis 31.01.2011. In dieser Zeit wurden vom DLR_IMF speziell die Arbeitspakete AP1.1 Prozessorharmonisierung, AP 1.4 Servicebetrieb, AP2.2 Spezifische Verfahren Ostsee bearbeitet. Die hohe Komplexität der Aufgabenstellung im Zusammenhang mit der weitaus umfassenderen im Verbundprojekt betrachteten ökologischen Gesamtproblematik machte eine umfassende Zusammenarbeit mit anderen beteiligten Partnern, u.a. insbesondere Brockmann Consult und GKSS (jetzt HZG) auf fachlicher Ebene, sowie der BSH auf u.a. Managementebene notwendig, die zu vollster Zufriedenheit ablief. Auf Nutzerebene fand eine Zusammenarbeit mit dem LUNG-MV statt, die als Empfänger der Produkte ihrerseits in-situ Messdaten von standardmäßig betriebenen Küstenmessstationen für die Validierung bereitstellten.

II. Verwendung der Zuwendung

Im Berichtszeitraum wurden vom Zuwendungsempfänger DLR_IMF folgende Arbeitspakete bearbeitet:

AP1.1 Prozessorharmonisierung

- **Stand zu Projektbeginn, Voraussetzungen:**

Grundlage waren Stand und Ergebnisse des MarCoast-Projektes, innerhalb dessen MERIS Level-1/2 Daten bereit gestellt, prozessiert und archiviert wurden. Kernstück der Verarbeitungssoftware ist der MERIS-VA Prozessor, der durch eine von der Firma WERUM bereitgestellte Steuerungssoftware betrieben wird. Diese Steuerungssoftware übernimmt die Datenbereitstellung und Organisation der Ein- und Ausgabeschnittstellen, die Abarbeitung der einzelnen Prozessierungsschritte sowie die Archivierung und Bereitstellung der Produkte für den Nutzer an den Pick-up Points der Datenserver. Die Einbindung des gesamten Systems wurde mittels DIMS in der DLR Infrastruktur realisiert. Die Prozessierungssoftware besteht aus einem Paket einzelner Module, die zumeist in verschiedenen Programmiersprachen vorliegen, was die Möglichkeit der Erweiterung sowie die Portierbarkeit auf andere Betriebssysteme erschwert. Beschränkungen ergaben sich vor allem aus der gekapselten Prozessierungsumgebung, die es nur erlaubte, ausschließlich ESA Level-1/2 Standardprodukte als Eingabedaten zu verwenden. Aufgrund des für manche Zwecke unzulänglichen Atmosphärenkorrekturalgorithmus der ESA und damit der resultierenden Level2-Daten ergaben sich Schwierigkeiten bei der Qualitätssicherung der generierten Ausgabeprodukte der Wasserparameter. Da ebenfalls wegen der fortgeschrittenen Projektlaufzeit von MarCoast und der teilweise externen Zulieferer mit erhöhtem Aufwand und zusätzlichen Kosten für die weitere Softwarepflege zu rechnen war, war geplant für DeMarine ein möglichst einheitliches und kostengünstiges Datenverarbeitungs- und Archivierungssystem zu erstellen.

- **Prozessorharmonisierung und Konzeptionsphase:**

Zur Vereinfachung der für DeMarine benötigten Prozessierungskette wurden die vorliegenden Module und Skripte hinsichtlich Eigenschaften und Aufgaben analysiert und die sich daraus ergebenden Anforderungen im AP 1.1 "Prozessorharmonisierung" definiert. Es wurde vereinbart, die in Java erstellte Umgebung von BEAM/Visat als Basis für die Umsetzung zu nutzen. Die operationelle Steuerung sollte vereinheitlicht durch Python-Skripte erfolgen. Als Datenformat wurde das BEAM-interne DIMAP-Format gewählt. Hauptziel für DeMarine war vor allem die Verarbeitung von MERIS Daten in Full Resolution zu ermöglichen, da die bisherigen Produkte in reduzierter Auflösung die Nutzerbedürfnisse nicht befriedigten. Daher waren die sich diesbezüglich ergebenden speziellen Anforderungen zu berücksichtigen.

- **Prozessorentwicklung, konkrete Arbeiten und Ergebnisse:**

Nach Abschluss der Konzeptionsphase und Definition der Schnittstellen wurden im ersten Schritt die benötigten Algorithmen zur Ableitung der Wasserinhaltsstoffe als Operator-Plug-In für die BEAM/VISAT-Umgebung in Java portiert. Während dieser Phase wurden die Algorithmen z.T. einer Revision unterzogen und deutlich verbessert.

- der Principal Component Inversion Algorithmus PCI zur Ableitung von Wasserinhaltsstoffen auf Basis der Hauptkomponenteninversion
- ein Algorithmus zur Bestimmung der Wassertransparenz (Water Transparency)
- ein Indikator zur Ermittlung einer Algenalarmkarte (Algae Bloom Map)

Für jedes Plug-In wurde eine Online-Hilfe bereitgestellt.

Es gibt aus technischen und Lizenzgründen leider keine Möglichkeit, die innerhalb des MarCoast-Projektes in IDL entwickelten Programme zur Kartenausgabe in eine andere

Programmiersprache (insbesondere in Java) umzusetzen ohne wesentliche Funktionalitätsverluste hinsichtlich der geografischen Projektion und Darstellung, sowie der Grafikausgabe in verschiedenen Formaten hinzunehmen. Daher mussten die für die Erstellung der Farbkarten für die Wasserparameter der Ostsee benutzten Programme für DeMarine angepasst bzw. teilweise in IDL völlig neu erstellt werden. Letzteres betrifft ein Programm zur Generierung eines RGB-Farbkomposits aus den MERIS-Reflektanzkanälen 2 (443nm, Blau), 5 (560nm, Grün) und 7 (665nm, Rot).

Die Skriptsteuerung in Python wurde komplett neu entwickelt. Sie umfasst die Verarbeitung der MERIS-Level1 bzw. Level2-Daten zu Level-3-Produkten und organisiert die Schnittstellenbedienung für die einzelnen Programmschritte. Die Skriptsteuerung ist weitestgehend automatisiert und wird nur mit der Angabe des Startdatums, der Anzahl der je nach Produktart zu mittelnden Tage und einem Parameter für den zu wählenden Prozessierungsweg gestartet. Die Prozessierungskette umfasst folgende Schritte:

- Auswahl der zu verarbeitenden MERIS-FR Dateien anhand der Übergabeparameter
- Zusammenstellung der notwendigen Algorithmen und Anlegen evt. benötigter Verzeichnisse
- automatische Ableitung der Namen der Ausgabefiles entsprechend einer festgelegten Nomenklatur
- Generierung der erforderlichen Requestfiles für das jeweilige Programm
- Aufruf der Programmmodule mit den erforderlichen Parametern
- Fehlerbehandlung

Der Prozessierungsweg kann je nach Bedarf bzw. Anforderung aus folgenden Komponenten zusammengesetzt werden:

- Ableitung aller Wasserparameter aus ESA-Standard MERIS-Level-2-Daten mittels PCI, anschließend Level3-Binning und Farbkartenerstellung (inklusive RGB-Komposit) für das gesamte Ostseegebiet (52N bis 66N geografische Breite, 7E bis 32E geografische Länge)
- Anwendung des Case-2-Regional-Prozessors (Doerffer et.al, HZG Geesthacht) auf ESA-Standard MERIS-Level-1-Daten, danach Ableitung aller Wasserparameter aus den atmosphärenkorrigierten BOA-Reflektanzen mittels PCI, anschließend Level3-Binning und Farbkartenerstellung (inklusive RGB-Komposit) für das gesamte Ostseegebiet
- Anwendung des WeW/FUB-Prozessors (Fischer et.al, FU Berlin) auf ESA-Standard MERIS-Level-1-Daten, danach Ableitung aller Wasserparameter aus den atmosphärenkorrigierten BOA-Reflektanzen mittels PCI, anschließend Level3-Binning und Farbkartenerstellung (inklusive RGB-Komposit) für das gesamte Ostseegebiet
- Erzeugung der Level3-Daten aus bereits vorhandenen L2-Produktdaten und Farbkartenerstellung (inklusive RGB-Komposit) für das gesamte Ostseegebiet

- **Produkte:**

Im Rahmen des DeMarine-Projektes können folgende Produkte generiert werden:

- Datensatz und farbkodierte Ostseekarte für den Wasserparameter Chlorophyll-a-Konzentration. Der Datensatz wird als Band in einer Produktdatei im DIMAP-Format gespeichert, die Farbkarte im PNG-Grafikformat mit Legende und Farbskala.

- Datensatz und farbkodierte Ostseekarte für den Wasserparameter Sedimentstreuoeffizient. Der Datensatz wird als Band in einer Produktdatei im DIMAP-Format gespeichert, die Farbkarte im PNG-Grafikformat mit Legende und Farbskala.
- Datensatz für die Sedimentkonzentration, der nur als Band einer Produktdatei im DIMAP-Format gespeichert wird
- Datensatz und farbkodierte Ostseekarte für den Wasserparameter Gelbstoffabsorptionskoeffizient. Der Datensatz wird als Band in einer Produktdatei im DIMAP-Format gespeichert, die Farbkarte im PNG-Grafikformat mit Legende und Farbskala.
- Datensatz und farbkodierte Ostseekarte für den Wasserparameter Water Transparency. Der Datensatz wird als Band in einer Produktdatei im DIMAP-Format gespeichert, die Farbkarte im PNG-Grafikformat mit Legende und Farbskala.
- Datensatz und farbkodierte Ostseekarte für den Indikator Algae Bloom Map. Der Datensatz wird als Band in einer Produktdatei im DIMAP-Format gespeichert, die Farbkarte im PNG-Grafikformat mit Legende und Farbskala.

Alle genannten binären Datensätze sind Komponenten einer einzigen Produktdatei, die Grafiken werden jeweils separat erstellt.

Zusätzlich wird über einen anderen Prozessierungsweg eine SST-Karte für dasselbe Ostseegebiet generiert, da die hierfür benötigten NOAA-Daten im DLR-DFD in Oberpfaffenhofen verarbeitet werden.

AP 1.4 Servicebetrieb

Die routinemäßige, tägliche Prozessierung und Bereitstellung der MERIS-Daten (RR und FR) wird weiterhin mit dem auf MERIS-VA basierenden MarCoast-Prozessor realisiert. Das SST-Kartenprodukt für die Ostsee wird ebenfalls in Neustrelitz erzeugt und den Nutzern zur Verfügung gestellt.

Die neue Prozessierungskette ist geprüft und wird auf spezielle Anforderung hin eingesetzt. Es müssen jedoch noch weitergehende Vereinbarungen zur systematischen Datenarchivierung, der Einbindung in ein Browsersystem und der Bereitstellung eines Service-Pickup-Point für die Nutzer getroffen werden. Diese Arbeiten werden im Moment im Abteilungsrahmen realisiert.

AP 2.2 Spezifische Verfahren Ostsee

- Entwicklung eines Algorithmus zur Detektion und Quantifizierung von Cyanobakterien in der Ostsee und dessen Implementierung als Beam Modul

Neben den standardmäßig aufgenommenen und bereitgestellten Gewässerparametern Chlorophyll-a, Schwebstoff und Gelbstoff und der regulären Beobachtung der sogenannten Frühjahrsalgenblüte, spielt in der Ostsee auch die Erfassung von Cyanobakterien, welche besonders die Sommerblüte in der Ostsee dominieren, eine wichtige ökologische Rolle. Auf Grund ihrer spezifischen bio-optischen Eigenschaften sind die bisher eingesetzten Fernerkundungsalgorithmen schlecht geeignet, das Auftreten und die Verbreitung dieser sogenannten Blaualgenblüten zu erfassen und abzubilden. Eine adäquate qualitative und

quantitative Erfassung und Verfolgung dieser Algenspezies erfordert deshalb die Entwicklung spezifischer und angepasster Interpretationsalgorithmen.

In der Abteilung IMF-GW wird deshalb ein modellbasierter Inversionsalgorithmus entwickelt, welcher die besonderen optischen Eigenschaften von Cyanobakterien berücksichtigt und somit neben den bisherigen Standardparametern Chlorophyll, Schwebstoff und Gelbstoff die Erkennung von Blaualgenblüten ermöglicht.

Hierzu wurden in umfangreichen Labormessungen die optischen Eigenschaften verschiedener Cyanobakterienkulturen mit Vorkommen in den saisonalen Sommer-Algenblüten der Ostsee untersucht. Die dabei gewonnenen Absorptions- und Streueigenschaften wurden in ein erweitertes optisches Modell für Case2/Ostsee-Gewässer integriert. Als Parameter für die Erkennung und Quantifizierung wurde die Absorption des akzessorischen Pigments Phycocyanin ausgewählt, dessen Maximum im MERIS Kanal bei 620 nm liegt.

Auf Basis dieses Vier-Komponenten-Modells wurde ein umfangreicher Datensatz von Reflektanzspektren in den Wellenlängenbereichen des MERIS Sensors unter Berücksichtigung verschiedenen Beobachtungsgeometrien simuliert. Zur mathematischen Realisierung der Inversion wurde ein geeignetes Neuronales Netz entwickelt und mit diesem simulierten Datensatz trainiert. Auf der Basis von gegebenen atmosphärenkorrigierten Reflektanzwerten und der Beobachtungsgeometrie werden die vier Wasserparameter Chlorophyllkonzentration, Schwebstoffgehalt, Gelbstoffabsorption und Phycocyaninabsorption als Ausgabeergebnis ermittelt.

Der Algorithmus wurde in die Programmiersprache Java portiert, wodurch die Implementierung in ein Beam-Modul ermöglicht wurde. Dies erlaubt die Einbindung in die oben beschriebene neu entwickelte und autarke Verarbeitungskette. Dieser neue Algorithmus deckt zunächst die Standardfunktionalität ab und bedarf perspektivisch weiterer Optimierungen sowie entsprechender Validierungen und Tests.

Neben der bisher vorliegenden, automatisierten Verarbeitung der Fernerkundungsdaten, als deren Ergebnis die Karten der Chlorophyll-, Schwebstoff-, Gelbstoff- und jetzt auch der Phycocyanin-Konzentrationen entstehen, ist geplant, in Zukunft die Blaualgenmodelle um zusätzliche Varietäten zu erweitern, um in der Natur beobachtete Spezifikationen dieser Algen zu berücksichtigen. Damit können dann mehrere Neuronale Netze für die Interpretation optional angeboten werden. Diese werden durch ein Training mit den simulierten Daten verschiedener aus Beobachtungen und Messungen vorliegender Modelle trainiert.

Inputdaten für die Interpretation sind immer atmosphärenkorrigierte Reflektanzen über der Wasseroberfläche, welche als Ergebnisse des im GKSS neu entwickelten sogenannten Case2Regional-Atmosphärenkorrektur-Algorithmus (Doerffer, R. and H. Schiller (2007): The MERIS Case 2 water algorithm, International Journal of Remote Sensing, Vol. 28, Nos. 3-4, 2007, pp 517-535, 2007) berechneten MERIS Daten bestimmt werden. Weitere geplante Funktionen des Moduls sind die Übernahme der atmosphärenkorrigierten Reflektanzbänder in das Zielprodukt sowie die Erstellung einer Risikokarte für das Auftreten von Blaualgenblüten. Hierbei wird auf der Basis des oben beschriebenen Produktes eine Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins einer Blüte in den Gebieten der Ostsee in Kartenform zur Verfügung gestellt. Dies erfolgt in farblicher Kodierung der Zustände kein bis geringes Risiko (grün), mittleres Risiko (gelb) und hohes Risiko (rot) des Vorhandenseins einer Blaualgenblüte. Eine derartige Komprimierung oder Reduktion der detaillierten Information über die Phycocyaninabsorption ist sinnvoll, da diese zum einen mit Interpretationsungenauigkeiten behaftet ist und andererseits die codierte Farbkarte schneller eine globale Einschätzung der Lage erlaubt, als die Analyse der einzelnen Interpretationsmesszahlen im Kartenprodukt.

Die Entwicklung des Neuronalen Netzes ist noch nicht endgültig abgeschlossen. Es werden parallel zur Modulentwicklung weitere unterschiedlich parametrisierte Netze trainiert und getestet. Ebenso muss noch eine Validierung und Test mit realen Daten von Messstationen,

Messkampagnen und Ferrybox-Systemen durchgeführt werden. Dieses war nicht Bestandteil des Arbeitspaketes.

Dieses Produkt befindet sich im Prototypstadium und kann bei Interesse und Nachfrage für Fallbeispiele zur Verfügung gestellt werden.

III. Zahlenmäßiger Nachweis

Auf Grund der kostenneutralen Verlängerung bis zum 15.04.2011 können die finalen Zahlen erst im Mai präsentiert werden.

Bis zum 28.02.2011 entstandene Gesamtkosten	
Position	Ausgaben (€)
Material	385,87 €
Personalkosten	143.700,53 €
Reisekosten	2.892,21 €
Sonstige	0.0 €
Gesamt	146.946,73 €

IV. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die angestrebten Projektziele konnten nur durch die Einbeziehung der Arbeitskraftressourcen, Erfahrungen und Ergebnisse weiterer vom ZE bearbeiteter Projekte erreicht werden. So waren die für AP 1.1 Prozessorharmonisierung im ESA MarCoast-Projekt geleisteten Arbeiten eine Voraussetzung für die erreichte Weiterentwicklung der Prozessorkette und deren Anwendbarkeit für hochaufgelöste Satellitendaten in küstennahen Gebieten unter jetzt möglicher flexibler Einbeziehung verbesserter Vorprozessierungsalgorithmen (Atmosphärenkorrektur). Die unter AP 2.2 Spezifische Verfahren Ostsee erreichten Ergebnisse finden Eingang in eine in der Abteilung laufende Promotionsarbeit. Für AP 1.4 Servicebetrieb werden Ressourcen genutzt, die auch im MarCoast Projekt Verwendung finden. Nur durch die gemeinsame, synergetische Nutzung der beschriebenen Mittel war es möglich, die Projektziele mit den zur Verfügung stehenden Mitteln erfolgreich zu bearbeiten.

V. Voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit des Ergebnisses

Der zu Projektbeginn festgeschriebene Verwertungsplan hat seine Gültigkeit behalten. Im Rahmen des DeMarine-Umwelt Projektes wurden durch den ZE die Möglichkeit eröffnet die jetzt zur Verfügung stehenden hochaufgelösten Satellitendaten einer operationellen Verarbeitung und Nutzung unter Verwendung verbesserter Interpretationsalgorithmen

zugänglich zu machen. Mit einer perspektivisch möglichen Bereitstellung von Blaualgenverteilungskarten kann ein qualitativ neues, ökologisch bedeutsames Produkt zur Verfügung stehen. Es ist sehr gut denkbar, die vorgestellten Konzepte, Algorithmen und Ergebnisse auf zukünftige Sensormissionen (z.B. EnMap oder Sentinel) zu übertragen.

VI. Stand von Wissenschaft und Technik

Die durchgeführten Arbeiten und Ergebnisse entsprechen dem modernen Stand der Technik.

VII. Veröffentlichungen

Veröffentlichung der Ergebnisse zu AP 1.4 Spezifische Verfahren im Rahmen einer in der Abteilung betreuten Promotion.