

Posterbeitrag für die 2. Jahrestagung des Arbeitskreises „Fernerkundung“

Der Einsatz hyperspektraler Fernerkundungsdaten bei der Biotopkartierung im Gezeitenbereich

Autor

Benjamin Hennig, Geographisches Institut der Universität zu Köln, Albertus-Magnus-Platz, 50923 Köln
www.hennig-online.net/benjamin

Abstract

Im Zuge der immer weiter fortschreitenden technischen Entwicklung und Verbreitung von flugzeuggetragenen Fernerkundungssystemen hinsichtlich räumlicher und spektraler Auflösung hat sich die Zahl der Anwender in diesem Bereich in den letzten fünfzehn Jahren deutlich vergrößert. Das Potential dieser Systeme wird inzwischen auch in den geowissenschaftlichen Nachbardisziplinen klar erkannt. So ist auch in den Biowissenschaften der Einsatz von Fernerkundungsmethoden stark zunehmend. Doch vielfach steht dem Wunsch nach guten Ergebnissen von oftmals teuren Fernerkundungsdaten eine mangelnde methodische Kompetenz oder auch eine falsche Erwartungshaltung der Anwender gegenüber. Die Entwicklung standardisierter Auswertungsverfahren ist daher in vielen Fragestellungen noch nicht auf einem Stand, wie dies aus den Geowissenschaften bereits bekannt und üblich ist.

So wird modernen Fernerkundungssensoren ein großes Potential unterstellt, wenn es um die Erfassung und das Verstehen globaler ökologischer Veränderungen geht – vielfach basieren derartige Überlegungen jedoch auf theoretischen Überlegungen, die selten in dieser Form im Feld oder in der Anwendung ausreichend belegt wurden.

Der vorliegende Beitrag soll hier exemplarisch die Anwendung hyperspektraler Fernerkundungsdaten im Gezeitenbereich der Nordsee aufzeigen. Die zentrale Fragestellung der im Rahmen einer in diesem Jahr am Geographischen Institut der Universität Köln und in Zusammenarbeit mit dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) in Bremerhaven verfassten Diplomarbeit war eine Untersuchung, inwieweit sich räumlich und spektral hochauflösende Fernerkundungsdaten zum Einsatz in der Biotopkartierung im Gezeitenbereich eignen und wo derzeit die Grenzen der technischen Machbarkeit liegen.

Zum Einsatz kam der vom Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) entwickelte flugzeuggestützte Sensor ROSIS (Reflection Optics System Imaging Spectrometer), der in über 100 Spektralkanälen Daten im Wellenlängenbereich von 430-850 nm erfasst. Die räumliche Auflösung der aufgenommenen Daten betrug 84 cm pro Pixel. Im Rahmen einer Flugzeugkampagne des AWI wurden im September 2003 ROSIS Befliegungen vom Nord- und Westwatt auf Helgoland sowie vom Königshafen im Norden von Sylt durchgeführt.

Die Auswertung der vorliegenden Daten wurde mit Hilfe der Fernerkundungssoftware ENVI durchgeführt. Zunächst wurde eine Klassenbildung aufgrund signifikanter spektraler Unterschiede der ROSIS Daten vorgenommen, wobei die Daten zunächst einer Hauptkomponentenanalyse unterzogen wurden. Die daraus extrahierten Klassen wurden als Grundlage für die erste Klassifikation des gesamten Datensatzes herangezogen, wobei sich eine Analyse mit Hilfe des Spectral Angle Mapper als sinnvollstes Werkzeug erwies.

Im Beispiel von Helgoland wurden die daraus gewonnenen Ergebnisse mit einem DGPS gestützten Feldcomputer im Rahmen einer Feldkampagne an exemplarischen Standorten untersucht. Mit Hilfe einer generalisierten Biotoptypenkarte sowie der im Feld erhobenen Ergebnisse wurde eine zweite Analyse der vorliegenden Klassifikation vorgenommen. Im Beispiel von Sylt waren aufgrund einer im Vergleich zum Felswatt von Helgoland wesentlich homogeneren Biotopstruktur in der Königshafenbucht bei List keine umfangreichen Feldarbeiten notwendig.

Im vorliegenden Beitrag sollen die Ergebnisse der beiden Beispiele gegenübergestellt werden sowie über die biologische Perspektive hinausgehende Probleme der vorliegenden ROSIS Daten aufgezeigt werden. Diese sollen zeigen, in welchen Bereichen hyperspektrale Sensoren durchaus Potential zu einer über die heutigen Anwendungen hinausgehende Unterstützung der Ökosystemuntersuchung haben und in welchen Bereichen gerade im Hinblick auf ein immer leistungsfähigeres Auflösungsvermögen möglicherweise zu viel Potential in diesen Systemen gesehen wird.

Zudem soll die Arbeit einen Beitrag zu einer praxisnahen Umsetzung von automatisierten (multitemporalen) Analysen von Küstenökosystemen leisten. Hierbei sind in den vorliegenden Beispielen auch politisch geforderte Monitoring-Aufgaben denkbar, für die die vorgestellten Probleme von zweitrangiger Bedeutung sind. Weitergehende Einsatzmöglichkeiten im wissenschaftlichen Bereich werden für das vorliegende Beispiel vor allem in Bezug auf eine Unterstützung bestehender Feldkampagnen gesehen, wohingegen ein Ersatz der Feldkampagnen mit den aktuellen Möglichkeiten eines Sensors wie ROSIS derzeit nicht abzusehen ist.

Der Einsatz hyperspektraler Fernerkundungsdaten bei der Biotopkartierung im Gezeitenbereich

Benjamin Hennig

Alfred Wegener Institut
Bremerhaven /
Geographisches Institut
Universität zu Köln



Abb. 1: Foto vom Nordost-Watt (links) und Westwatt (rechts) der Insel Helgoland bei Niedrigwasser (Foto: I. Bartsch)

Einleitung

Der Gezeitenbereich der Meere ist ein wichtiger Übergangsbereich zwischen marinen und terrestrischen Ökosystemen, der zunehmend in den Focus der Forschung rückt. Im Gegensatz zur Tiefsee und zum Land ist der Gezeitenbereich für Feldstudien jedoch mit technischen Hilfsmitteln nur schwer zugänglich. Für Fragestellungen zu Distribution und Veränderungen von Vegetationsbiotopen wird daher den modernen, räumlich und spektral hochauflösenden, Fernerkundungssensoren ein hohes Potential zugesprochen. Die vorgestellte Studie beschäftigt sich mit der Analyse hyperspektraler Daten des Sensors ROSIS im Gezeitenbereich der Nordseeinsel Helgoland (Abb. 1). Das Untersuchungsgebiet ist durch eine sehr heterogene, fein gegliederte Makroalgen dominierte Biotopstruktur (Abb. 2) gekennzeichnet, so dass die Frage nach der Speziesdetektion in kleinräumigen Biotopstrukturen im Vordergrund stand.



Abb. 2: Rotalgenbereich im Vordergrund, dahinter Trümmerblöcke mit Braunalgenbesatz (Fucus), Grünalgenzone am Felssockel im Hintergrund

Datengrundlage

Folgende Daten der Insel Helgoland und des Gezeitenbereiches wurden in der Datenanalyse verwendet:
-Hyperspektrale ROSIS Daten (Abb. 3): Aufnahme 5.09.2003; Befliegung, Radiometrische und geometrische Korrektur durch das DLR; Spektralbereich: 430-820 nm in 101 Kanälen; räumliche Auflösung: 0.84 m
- Feldkartierung der Biotope im Felswatt vom AWI Bremerhaven und Natural History Museum London
-Referenziertes Orthofoto des Landesvermessungsamtes Schleswig-Holstein; räumliche Auflösung: 0.28 m



Abb. 3: „3D-Cube“-Darstellung der Reflektion des ROSIS Datensatzes entlang einer Profilinie im Nordostwatt

Datenanalyse

Die Analyse der geometrisch und radiometrisch korrigierten Daten wurde mit Hilfe der Software ENVI 4.0 durchgeführt. Zur Basisanalyse wurde ein semi-empirischer Ansatz in zwei Schritten verfolgt:

1. Statistische Datenreduktion durch den Minimum Noise Fraction-Algorithmus und automatisierte Endmemberextraktion aufgrund spektraler Merkmale mit Hilfe des Pixel Purity Index.
2. Klassifikationstestlauf und manuelle Interpretation der Endmemberklassen. Durch den Abgleich mit erkennbaren Biotopstrukturen Auswahl der finalen Spektralklassen (Abb. 4).

Als verlässlicher Klassifikationsalgorithmus erwies sich der Spectral Angle Mapper, der eine Klassifikation durch den Vergleich jedes Pixels mit dem jeweiligen Referenzspektrum jeder Endmember Klasse vornimmt. Dessen Grenzwerte wurden mit „Rule Images“, die die statistische Wahrscheinlichkeit für die Verbreitung jeder Klasse anzeigen, manuell angepasst, um ein optimales Klassifikationsergebnis zu erreichen.

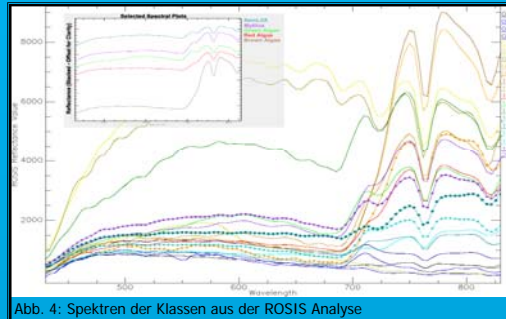


Abb. 4: Spektren der Klassen aus der ROSIS Analyse

Classified Data	Reference Data										Total	User's Accuracy	
	No Veg.	Fucus sp.	Fucus serr.	Red Algae (w/ Fucus)	Green Algae	Laminaria	Veget. Channel s	Mytilus	SemLiX	X			
No Vegetation	9										15	60	
Fucus sp.		19									32	59,38	
Fucus serratus			38								42	90,48	
Red Algae (with Fucus)				24							26	92,31	
Green Algae					18						18	100	
Laminaria						3					28	60,71	
Vegetated Channel s							1				24	83,33	
Mytilus								3			20	83,33	
SemLiX									27		9	36	75
SemLiX										12	30	45	66,67
Total	12	19	38	37	22	20	40	39	39	268	268	76,43	
Producer's accuracy	75	100	100	64,86	81,82	85	50	69,23	76,92	78,09		75,94	

Abb. 5: Fehlermatrix der ROSIS Klassifikation

Datenqualität

Thematische Qualität: Die thematische Qualität der gebildeten Klassen ist mit einem Wert von 75,94% Genauigkeit in einem akzeptablen Bereich (Abb. 5). Der Wert ist jedoch aufgrund der wenigen groundtruth Daten, die zum Zeitpunkt des Fluges aufgenommen wurden, mit Vorsicht zu betrachten.

Auf Speziesebene weisen die Klassifikationsergebnisse eine gute

Übereinstimmung mit der Grundstruktur der Algenbiotope auf (Abb. 8). Im Bereich der Subspeziesdetektion (z.B. *Fucus* und *Sargassum* innerhalb der Braunalgen) sind die Ergebnisse nicht zufriedenstellend.

Geometrische Qualität: Die Georeferenzierung der ROSIS Daten weist erhebliche Mängel auf. Im Rahmen einer exemplarischen Feldkampagne (Abb. 6) konnte nachgewiesen werden, dass die ROSIS Daten eine variable Genauigkeit mit einer Abweichung bis zu 18 m (~20 Pixel) aufweisen.

Ausblick

Um die Anwendung von ROSIS in der Biotopkartierung des Gezeitenbereiches zu operationalisieren ist die Optimierung des Sensors notwendig: Für ökologische Forschungseinsätze ist eine erhebliche Verbesserung der geometrischen Datenqualität notwendig, um den Einsatz der Daten in Verbindung mit DGPS-basierten Felddatenaufnahmen sowie den direkten Datenzugriff mit Hilfe eines Feldcomputers zu ermöglichen. Die Implementierung einer verlässlichen Atmosphärenkorrektur in der Datenaufbereitung am DLR ist unabdingbar für den Aufbau einer Spektralbibliothek, die im Hinblick auf politisch geforderte Monitoringaufgaben im Rahmen des EU weiten Gewässerschutz eingesetzt werden könnte.

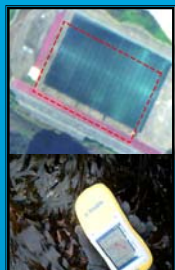


Abb. 6: Geometrische Qualitätsanalyse der ROSIS Daten mittels D-GPS gestützter GIS Technologie

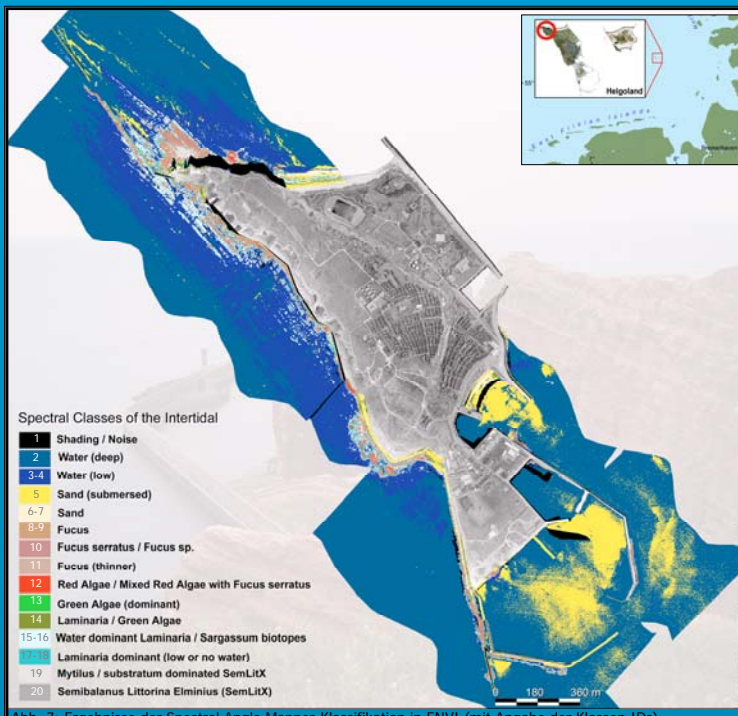


Abb. 7: Ergebnisse der Spectral Angle Mapper-Klassifikation in ENVI (mit Angabe der Klassen IDs)

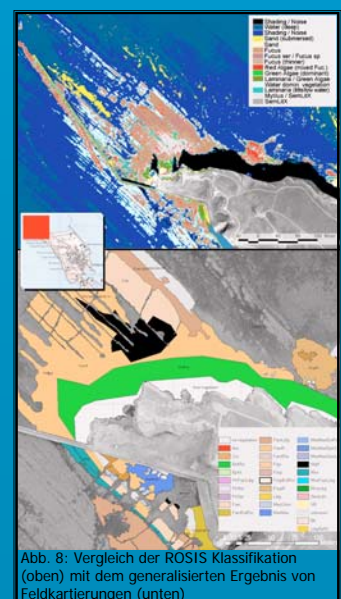


Abb. 8: Vergleich der ROSIS Klassifikation (oben) mit dem generalisierten Ergebnis von Feldkartierungen (unten)