

Das Potenzial von Erdbeobachtungsdaten zur Ökosystemüberwachung und -bewertung

Christina Hirzinger^{1,2}, Melanie Schnelle^{1,2}, Eva Haas¹, Armin Heller²

¹GeoVille, Innsbruck · hirzinger@geoville.com

²Universität Innsbruck

Zusammenfassung: Erdbeobachtungsdaten können durch das Erfassen der physischen und sozialen Landschaftsformen das Verständnis von ökonomischen und sozialen Vorteilen, die aus bestimmten Ökosystemen entstehen, verbessern. So können sie das nachhaltige Bewirtschaften des Naturkapitals und der weiteren Umgebung unterstützen. Das von der European Space Agency (ESA) finanzierte Geographic Ecosystem Monitoring and Assessment (G-ECO-MON)-Projekt soll zeigen, dass Erdbeobachtungsdaten kostengünstig, weltweit verfügbar und einfach zu verstehen sind. Daher sind Erdbeobachtungsdaten für die Überwachung von Ökosystemdienstleistungen und deren Bewertung ideal geeignet und können einen wichtigen Beitrag für Organisationen, Umwelt und Gesellschaft liefern.

Schlüsselwörter: Ökosystemdienstleistungen, Ökosystembasierte Naturgefahrenreduktion, Ökosystem Bewertung, Erdbeobachtung, SEEA

Abstract: Earth observation (EO) based mapping of the physical and social landscape can improve the understanding of the economic and societal benefits arising from specific ecosystems. The European Space Agency (ESA) G-ECO-MON – Geographic Ecosystem Monitoring and Assessment Service project is intended to show that Earth observation applications are neither costly nor complex and are globally accessible. Therefore, they are ideally suited for ecosystem service monitoring and assessment. EO applications support the sustainable management of natural capital and the wider environment. EO can thus make an important contribution both to organisations and to the environment, as well as society at large.

Keywords: Ecosystem services, Eco-DRR, ecosystem accounting, earth observation, SEEA

1 Die Rolle von Erdbeobachtung für die Erfassung und Bewertung von Ökosystemdienstleistungen

Ein Ökosystem ist ein komplexes System von Beziehung entlang von lebenden Quellen, Habitaten und Bewohnern einer Fläche, die als funktionale Einheit agieren. Jedes Ökosystem repräsentiert eine Gemeinschaft von lebenden Organismen (biotische Komponenten wie Pflanzen, Tiere und Mikroben). Sie stehen in einer Verbindung mit nicht-lebenden Komponenten aus deren Umgebung (abiotische Komponenten wie Luft, Wasser und Boden). Sie sind durch Nährstoffkreisläufe und Energieflüsse miteinander verbunden. Nach dem UN Millennium Ecosystem Assessment (MA), stellen Ökosysteme Dienstleistungen bereit, aus denen Menschen Vorteile ziehen können. Das menschliche Leben und das tägliche Geschäft hängen von diesen Dienstleistungen ab. Sie beinhalten beispielsweise Frischwasser, Nahrung, Bestäubung und die Regulierung des Klimas. Bestimmte Ökosystemdienstleistungen, die in einer Region existieren, variieren, während sie die Ökosystemcharakteristika widerspiegeln, wie z. B. in der Größe sowie in der Diversität von Pflanzen und Tieren innerhalb des Systems. Für die Messung von Ökosystemdienstleistungen, müssen die Quantität und Qualität der Dienstleistungsherstellung und des -flusses zwischen den Ökosystemen und den Menschen berücksichtigt werden.

Geographische Informationssysteme (GIS) und erdbeobachtungsbasierte Kartierung von den physischen und sozialen Landschaftsformen können für das Verständnis von Ökosystemvorteilen, die aus bestimmten Ökosystemen entstehen, hilfreich sein. Angemerkt wird an dieser Stelle, dass die kritische Rolle von Fernerkundung und ihren Anwendungen für die Ökosystemdienstleistungsbewertung in Studien von BOYD & WAINGER (2003) und vom MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005) herausgehoben wird. Erdbeobachtungsdaten können die Informationen bereitstellen, die es braucht, um Ökosystemkonditionen genau zu bewerten. Landbedeckung und Landbedeckungsveränderungen, Habitatskartierungen für die Biodiversität, Feuchtgebietskartierung, Landdegradierungsbewertung und Messungen der Landoberfläche fungieren als Eingabeinformationen für Ökosystemmodelle.

Das ESA G-ECO-MON-Projekt hatte zum Ziel, den Nutzen von Erdbeobachtungsinformationen für verschiedenste Anwendungen, die in Beziehung mit der Erfassung und Bewertung von Ökosystemen und deren Dienstleistungen stehen, zu stärken. Das beinhaltet die Bewertung von Umwelteinflüssen, Ressourcenmanagement, Produktionsmanagement, sowie die Bezahlung von Ökosystemdienstleistungen oder die Berechnung des natürlichen Reichtums. Um zu verstehen, welche Erdbeobachtungsanwendungen für welchen dieser Sektoren gebraucht werden, wurden die Anforderungen der Interessengruppen erhoben.

Während der ersten Phase des Projektes wurden Marktstrukturen und potenzielle Anwendungen der Erdbeobachtungsprodukte durch individuelle Interviews und Workshops bewertet. In der zweiten Projektphase wurde durch Fallstudien gezeigt, wie Interessengruppen kundenspezifische Erdbeobachtungsdienstleistungen erhalten können, die ihren Betriebsanforderungen und Bedingungen für die Bewertung von Ökosystemdienstleistungen entsprechen. Diese Dienstleistungen wurden dann hinsichtlich ihres Einflusses und ihres Nutzens bewertet. Dieses Projekt unterstützte die Integration von erdbeobachtungsbasierten Informationen in standardisierte Modelle und Evaluierungsprotokolle für die Organisation von Ökosystemdienstleistungen.

Die vier vielversprechendsten neu aufgetauchten Marktsegmente, die identifiziert werden konnten, um Erdbeobachtungsdaten für die Bewertung von Ökosystemdienstleistungen zu verwenden, sind Produkt & Produktionsorganisation, Einflussbewertung, Bezahlung für Ökosystemdienstleistungen und Ökosystemmanagement & -politik. Im letzteren Segment unterstützen Erdbeobachtungsdaten das Ökosystemmanagement, informieren öffentliche Politik oder bieten Informationen, um Interessenbeteiligung in Entscheidungsprozessen zu erhöhen. Die Notwendigkeit, Naturkapital zu bewerten und größere geographische Flächen zu überwachen und zu organisieren, steigt stetig an und könnte dazu führen, den Nutzen von Erdbeobachtungsdaten in diesem Segment zu stärken. Die Verwendung von Erdbeobachtungsdaten kann durch Senkung der Kosten und standardisierte Produkte die einzelnen Segmente mit ihren unterschiedlichen Nachfragen unterstützen.

2 Demonstration des Erdbeobachtungspotenzials

2.1 Ein EO-Portfolio für die Bewertung von Ökosystemen

Basierend auf den Analysen der Nutzeranforderungen wurde ein initiales Erdbeobachtungs-(EO-)Produkt-Portfolio ausgearbeitet für Anwendungen im Land-, Marine- und Küstenbereich, dessen Potenzial in elf Fallstudien gezeigt wurde. Dieser Artikel hebt zwei Fallstudien

hervor, die das Ziel haben, den Nutzen von Erdbeobachtung für Ökosystemmanagement und -politik in verschiedenen Arten und auf unterschiedlichen Skalen aufzuzeigen.

Die erste Fallstudie untersucht das Potenzial von Erdbeobachtung zur Unterstützung der ökosystembasierten Naturgefahrenreduktion (Eco-DRR) in Bamiyan, Afghanistan. Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Koh-e Baba Gebirge (westlicher Hindukusch), wo die Menschen diversen Naturgefahren ausgesetzt sind. Hierzu zählen strenge Winter mit vielen Lawinen, Sturzfluten bedingt durch die Schneeschmelze im Frühjahr und starke Dürren in den trockenen Sommermonaten. Daher ist die dort lebende Bevölkerung auf verschiedene Ökosystemdienstleistungen angewiesen. Eine der wichtigsten Ökosystemdienstleistungen sind Bereitstellungsdienstleistungen wie beispielsweise Futter und Nahrungsmittel für die Subsistenzlandwirtschaft, die unter anderem von Weideflächen bereitgestellt werden, aber auch Rohmaterialien wie Sträucher und Büsche, die als Feuerholz zum Heizen von Lehmhütten verwendet werden. Die Weideflächen bieten darüber hinaus auch Regulierungsfunktionen und stabilisieren mit den Wurzeln die steilen Hänge und fungieren somit als natürlicher Schutz gegen Bodenerosion. Der Anstieg von Weidevieh hat signifikante Auswirkungen auf das Ausmaß der Weideflächen, die in einen Wandel der lebenswichtigen Dienstleistungen resultieren. Das übergeordnete Projektziel ist es, einen nachhaltigen Entwicklungsplan zu erstellen, um die Ökosystemdienstleistungen einerseits zu erhalten und andererseits wiederherzustellen, um so die Gefahren von Naturgefahren zu reduzieren und damit eine nachhaltige und resiliente Entwicklung des Untersuchungsgebietes zu garantieren.

Die zweite Fallstudie soll die Rahmenbedingungen und das Potenzial der Erdbeobachtung für die Ökosystemerfassung und -bewertung (Englisch: Ecosystem Values Assessment and Accounting (EVA)) anhand eines Demo-Projektes in San Martin, Peru, aufzeigen. Die Verfügbarkeit und Verteilung von Wasser ist ein zentrales Thema in San Martin. Die Intensivierung des Reisanbaus hat erhebliche Auswirkungen auf die Verfügbarkeit von Wasser und da Reis eines der wichtigsten Grundnahrungsmittel für diese Region ist, fokussiert sich die Studie auf die optische Kartierung von Reisanbauflächen. Bisher wurden der Wert eines Landes durch Wirtschaftsstatistiken und Indikatoren definiert, Umweltaspekte wurden vernachlässigt oder komplett weggelassen. Das menschliche Wohlbefinden wird jedoch direkt bzw. indirekt mit dem Zustand der Umwelt verbunden, da Ökosysteme fundamentale Dienste für ein nachhaltiges und verbessertes Wohlergehen der Menschheit liefern. Daher sollten Umweltinformationen in ökonomische Bewertungssysteme einbezogen werden. Das System der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (Englisch: System of Environmental-Economic Accounting – SEEA) versucht, die wirtschaftlichen und umweltbezogenen Statistiken und Daten mithilfe der Standardisierung von Konzepten, Definitionen, Klassifikationen, Regeln und Tabellen miteinander zu verknüpfen, um international vergleichbare Statistiken über die Umwelt und deren Beziehung mit der Wirtschaft herzustellen (MA 2005, COSTANZA et al. 1997). Daher ist das Ziel der zweiten Fallstudie, aufzuzeigen, dass Erdbeobachtung das Potenzial besitzt, die Erfassung und Bewertung von Ökosystemen und ihren Dienstleistungen zu unterstützen, insbesondere im Rahmen des SEEA-Konzeptes. Die Statistische Kommission der Vereinten Nationen definiert SEEA folgendermaßen: „Das Zentrale Konzept der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (SEEA) ist ein mehrzweck-konzeptioneller Rahmen und dient der Beschreibung von Interaktionen zwischen Wirtschaft und Umwelt, ebenso wie von Beständen und Bestandsveränderungen von Umweltgütern“ (UNITED NATIONS 2012). Innerhalb dieses Konzeptes werden die sogenannten historischen „Informations-Silos“ mit aktuellen Statistiken verbunden, um Indikatoren zu erstellen, die direkt mit Politik und Entschei-

dungsträgern verknüpft sind. Im Mittelpunkt des SEEA-Konzeptes steht die Beziehung zwischen Umwelt und menschlichem Wohlbefinden, die nicht durch die Grundsätze der Wirtschaftsrechnung, wie z. B. dem Bruttoinlandsprodukt (BIP) oder dem Volkseinkommen, deutlich werden. Die wesentliche Stärke dieses Modells ist die Kombination verschiedener Daten und Indikatoren mit Statistiken, die für unterschiedliche Zwecke und für mehrfach anwendbare Analysen, sowohl ökologische als auch ökonomische, verwendet werden können (UNITED NATIONS 2012).

2.2 Untersuchungsgebiete

Eco-DRR im Koh-e-Baba Gebirge, Afghanistan

Das Untersuchungsgebiet der Eco-DRR Studie im Koh-e Baba Gebirge befindet sich im westlichen Hindukusch Gebirge, 140 km nordwestlich von Kabul und ca. 15 km südlich von Bamiyan. Die Berge des Koh-e Baba Gebirges reichen von ca. 2800 m bis auf über 5000 m über dem Meeresspiegel mit mehr als 20 Gipfel über 4500 m und dem höchsten Berg Shah Foladi mit 5050 m. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt laut der nächstgelegenen Klimastation in Bamiyan 7,4 °C und der Jahresniederschlag 117mm. Hinsichtlich der enormen Schneemengen scheint dieser Jahresniederschlagswert zu gering. Daher wurden noch zusätzlich Niederschlagsdaten der Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) verwendet, die einen mittleren Jahresniederschlag von ca. 521 mm angeben.

SEEA in San Martin, Peru

Im Nordosten von Peru befindet sich San Martin, das Untersuchungsgebiet der SEEA-Fallstudie. Die Region wird in zehn Provinzen unterteilt und hat eine Fläche von ca. 51.000 km², die von ca. 750000 Menschen besiedelt wird. Das Relief von San Martin reicht von Tälern mit ca. 190 m über dem Meeresspiegel bis zu Gipfeln über 3000 m über dem Meeresspiegel. San Martin befindet sich in der tropischen Regenklimatezone (Köppen-Geiger: Am) mit einer Trockenzeit und starken Regenzeiten. Die durchschnittliche Temperatur liegt bei 22,6 °C und im Bereich der Hauptstadt Moyobamba beträgt der durchschnittliche Jahresniederschlag 1343,9 mm. Im Vergleich zu anderen peruanischen Regionen konnte die Armutsgrenze in San Martin zwischen 2001 und 2010 deutlich gesenkt werden. Mit durchschnittlich 30 % trägt die Landwirtschaft am meisten zum Bruttoinlandsprodukt bei.

2.3 Methodik

Eco-DRR im Koh-e-Baba Gebirge, Afghanistan

Fernerkundung ist nützlich, um die Kapazität von Ökosystemen abzuschätzen, um vor extremen Ereignissen wie Stürmen, Überschwemmungen und Massenbewegungen zu schützen (AYANU et al. 2012). Die Managementstrategie, die Ökosystemdienstleistungen verwendet, um das Risiko von Naturgefahren zu reduzieren, heißt ökosystembasierte Naturgefahrenreduktion (Eco-DRR). Eco-DRR ist eine nachhaltige Managementstrategie, um Ökosysteme zu erhalten und wiederherzustellen und so die Naturgefahren zu reduzieren, mit dem langfristigen Ziel einer nachhaltigen und resilienten Entwicklung (ESTRELLA et al. 2012).

Zur Kartierung von Eco-DRR mittels EO-Daten ist es zunächst notwendig, alle relevanten Ökosystemdienstleistungen im Untersuchungsgebiet zu identifizieren und zu erfassen und,

wenn möglich, eine Analyse des Wandels über die Zeit zu erstellen. Zweitens wird das Risiko der Naturgefahren modelliert und lokalisiert. Abschließend werden die kartierten Ökosysteme mit dem Ergebnis der Naturgefahrenmodellierung verschnitten, um so das Risiko von Naturgefahren zu analysieren. Für die Erfassung von Ökosystemdienstleistungen sind oftmals direkte und indirekte Indikatoren notwendig.

Basierend auf dieser Theorie – direkte und indirekte Indikatoren zur Kartierung von Ökosystemdienstleistungen zu verwenden, wurde die Ökosystemmatrix von LIQUETE et al. (2016) auf die Ökosystemindikatoren reduziert, die im Koh-e Baba Gebirge vorkommen (Abb. 1).

ECOSYSTEM SERVICES				EO based PRODUCTS			
Section	Ecosystem service	Type of indicator	Example of indicator	DSM/DTM/nDSM	Land cover characterisation & change	Land use characterisation & change	Erosion potential mapping
Provisioning services	Food	Capacity	Food and feed crop area		■	■	
			Managed grassland area		■	■	
	Flow	Food and feed crop yield		■	■		
		Managed grassland yield		■	■		
Raw materials	Capacity	Wood fuel stock and change		■	■		
Regulating services	Erosion prevention and maintenance of soil fertility	Capacity	Vegetal cover	■	■		
			Soil erodibility area		■	■	■
			Forested area	■	■		
		Slope	■				
	Flow	Universal Soil Loss Equation (USLE)		■	■	■	

Abb. 1: Verbindung von EO-Produkten mit Ökosystemindikatoren. Die quadratischen Zellen stehen für direkte Verbindungen, d. h. EO-Produkte entsprechen den Anforderungen der Indikatoren, während die gestrichelten Zellen indirekte Beziehungen ausdrücken, d. h. zusätzliche Informationen werden oftmals gebraucht (LIQUETE et al. 2016).

Als EO-Eingangsdaten wurde ein Pléiades tristereo Bild im Juli 2014 aufgenommen. Als Zusatzdaten wurden u. a. In-situ-Daten von der Feldarbeit im Juli 2014 verwendet. Um relevante Ökosysteme wie bspw. Weideflächen zu lokalisieren, wurde zunächst eine sehr hoch aufgelöste (VHR) Landbedeckungs- und Landnutzungsklassifizierung mittels einer unüberwachten Klassifizierung erstellt, die aus landwirtschaftlichen Flächen, Wald, Weideflächen, Büschen, vegetationslosen Boden, Schnee und Eis sowie Siedlungsflächen und Straßen besteht.

Außerdem wurde ein VHR digitales Oberflächenmodell (DOM) mittels einer Photogrammetrie basierten Software erstellt. Dies konnte mit der Landbedeckungs-/Landnutzungsklassifizierung verschnitten werden um so die Unterscheidung zwischen Grasland, Büschen und Bäumen zu verbessern.

Anschließend wurde das Bodenerosionspotenzial mittels der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung berechnet. Hierfür wurden neben der erstellten Landbedeckungs-/Landnutzungsklassifizierung und des DOMs Niederschlagsdaten der Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) und Bodentypdaten aus der Harmonised World Soil Database (HWSD) verwendet. Im Anschluss konnte mittels des DOMs durch Reklassifizierung potenzielle Lawinhänge ausgewiesen werden. Abschließend wurde der Einfluss der Weideflächen auf das Bodenerosionspotenzial analysiert.

SEEA in San Martin, Peru

Reispflanzen werden in San Martin auf überfluteten Feldern angebaut. Aufgrund der speziellen Wachstumsphasen von Reispflanzen kann mittels Erdbeobachtung die Veränderung der Oberfläche analysiert werden. Hierzu werden die phänologischen Eigenschaften von Reis berücksichtigt. Der Reisanbau setzt sich aus drei bestimmten Zyklen zusammen. In der ersten Phase werden die Flächen geflutet und bepflanzt. Die Reisfelder weisen eine Mischung von Wasseroberfläche (2 – 15 cm Wassertiefe) und grünen Reispflänzchen auf. Darauf folgt die Wachstumsphase, in der die Reispflanzen innerhalb von 50 – 60 Tagen den Großteil des Feldes abdecken und aufgrund der photosynthetischen Pflanzenaktivität erhöhte Reflexionen im Nahinfrarot Bereich aufweisen. In der letzten Phase, nach der Ernte der Pflanzen, liegt das Feld brach. Basierend auf dem Modell von XIAO et al. (2005) wurden drei Vegetationsindizes (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Enhanced Vegetation Index (EVI) und Land Surface Water Index (LSWI)) über ein Jahr berechnet um die einzelnen Zyklen des Reisanbaus zu überwachen. Dies wurde basierend auf 8-Tages-Kompositen von Moderate Resolution Imaging (MODIS) mit einer räumlichen Auflösung von 500 m für die Jahre 2007, 2012 und 2013 berechnet. Mittels dieser Indizes wurde in einem Modell die Überflutungsphasen und Vegetationsphasen ermittelt. Mit einer Zeitserienanalyse konnte der Übergang von überfluteten Flächen zu Vegetationsflächen beobachtet werden und so Reisfelder festgestellt werden. Neben der Implementierung in das SEEA-Konzept, kann das Wissen über die Lage, Ausdehnung und die Veränderung der Reisflächen für Wasserressourcenmanagement und Lebensmittelsicherheit eingesetzt werden.

Die Erfassung von Reisfeldern mittels Fernerkundung wird entweder von optischen oder Radarbildern unterstützt. Da in dieser Region für den benötigten Zeitpunkt (2007, 2012 & 2013) keine Radardaten verfügbar waren, wurde eine Methode basierend auf optischen Daten angewendet. Hoch aufgelöste optische Daten waren jedoch stark eingeschränkt aufgrund der Wolkenbedeckung in dieser Region und der zeitlichen Auflösung. Aufgrund dessen wurden Daten mittlerer räumlicher und zeitlicher Auflösung verwendet. Die hohe zeitliche Auflösung dieser Daten ermöglichte jedoch die Erfassung von den unterschiedlichen Zeitzyklen der Reisproduktion. Zukünftig wird die Verfügbarkeit von zeitlich und räumlich hoch aufgelösten Sentinel-Daten, im Besonderen Sentinel-1 (Radar) und Sentinel-2 (optisch), die Erfassung von Reisflächen und die Anwendung von radarbasierten oder optisch-basierten Modellen unterstützen bzw. vereinfachen. Das Model von XIAO et al. (2005) wurde in diesem Beispiel auch an hoch aufgelösten Landsat-8-Daten (15 m) getestet, um die zukünftige Verwendung von Sentinel-2-Daten zu simulieren. Die Umlegung des Modells von MODIS auf Landsat-8 konnte ohne größere Veränderungen vorgenommen werden, da die in dem Model verwendeten MODIS-Kanäle (Rot, NIR, Blau, Grün und SWIR) bei Landsat-8 und Sentinel-2 verfügbar sind (Abb. 2). Nur vereinzelte Schwellenwerte im Model mussten angepasst werden.

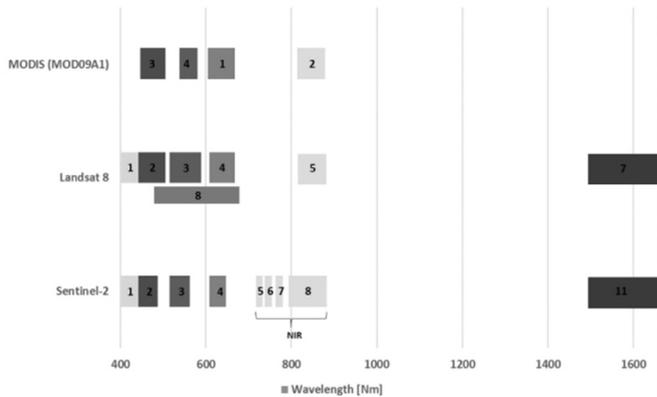


Abb. 2: Wellenlängen MODIS, Landsat-8 und Sentinel-2.

MODIS: 1 – red, 2 – NIR, 3 – blue, 4 – green, 5 – SWIR1.

Landsat 8: 1 – coastal, 2 – blue, 3 – green, 4 – red, 5 – NIR, 6 – SWIR1, 8 – panchromatic.

Sentinel-2: 1 – coastal, 2 – blue, 3 – green, 4 – red, 5-8 – NIR, 11 – SWIR1.

2.4 Ergebnisse

Eco-DRR im Koh-e-Baba Gebirge, Afghanistan

Die Ergebnisse zeigen, dass es möglich war, das Vorkommen von relevanten Ökosystemen wie Weideflächen und Büsche mittels Erdbeobachtungsdaten zu erfassen. Die Weideflächen sind beispielsweise in Abbildung zusammen mit dem erstellten VHR DOM abgebildet.



Abb. 3: Das DOM wurde aus drei Pléiades Satellitenbildern (triplet), das im Juli 2014 aufgenommen wurde, abgeleitet. Dieser Zeitpunkt im Jahr ist am besten geeignet, um die Vegetationsbedeckung zu kartieren. Die schwarzen Bereiche zeigen Weideflächen, die wichtige Bereitstellungs- und Regulierungsfunktionen haben (LIQUETE et al. 2016).

Die Ergebnisse dienen als Eingangsdaten für eine detaillierte Ökosystemanalyse und Bewertung. Die finalen Produkte sind Grundlage für Entscheidungen hinsichtlich eines nachhaltigen Managements sowie der Erhaltung und Wiederherstellung von Ökosystemen für die Naturgefahrenreduktion.

SEEA in San Martin, Peru

Räumliche Auflösung ist in jedem EO-Projekt ein kritischer Punkt. Das Originalmodell basiert auf MODIS-Daten mit einer Auflösung von 500 m. Die Erfassung von Reisfeldern war trotz der geringen räumlichen Auflösung möglich und für die Implementierung in das SEEA-Konzept ausreichend. Jedoch kann es aufgrund der Auflösung zu einer Über- bzw. Unterschätzung der Reisfelder kommen, deshalb wurde das Modell mit einer höheren räumlichen Auflösung getestet. Mit den räumlich höher aufgelösten Daten kann die Feldstruktur der Reisfelder besser hervorgebracht werden. Jedoch führte die geringe zeitliche Auflösung der Landsat-8-Daten zu Problemen innerhalb der Zeitserienanalyse. So wurden im Vergleich zu den 42 verwendeten MODIS-Szenen (für das Jahr 2013) nur sechs Landsat-8-Szenen verwendet. Jedoch sind die Resultate, trotz der geringen zeitlichen Auflösung von Landsat-8-Daten, in der Region äußerst vielversprechend. Auch die Erfassung von Wasserflächen konnte mittels räumlich höher aufgelösten Daten verbessert werden (siehe Abb. 3).

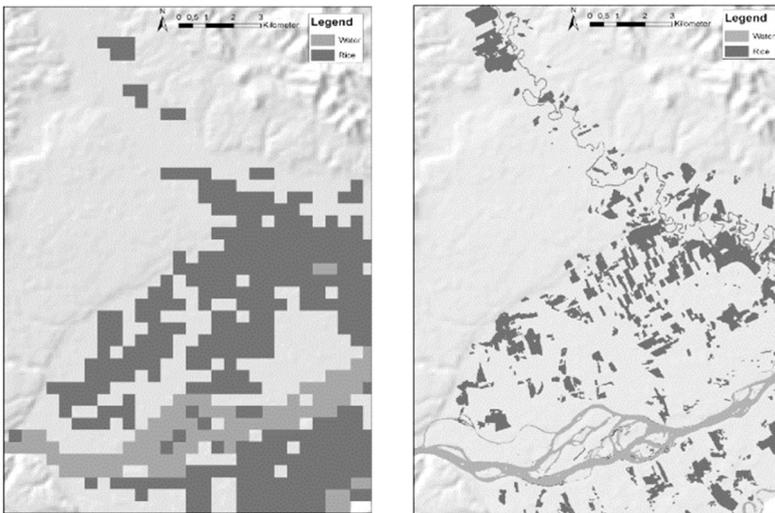


Abb. 4: Unterschied zwischen den angewendeten Methoden: linkes Bild basierend auf dem MODIS-Ansatz; rechtes Bild basierend auf dem Landsat-8-Ansatz für 2013

2.5 Diskussion

Eco-DRR im Koh-e-Baba Gebirge, Afghanistan

EO-Daten können mit abgeleiteten Landbedeckungs-/Landnutzungsklassifizierungen essentielle Informationen über das Vorkommen von relevanten Ökosystemdienstleistungen liefern. Jedoch ist oftmals lokales Wissen notwendig, das die relevanten Ökosystemdienstleistungen identifiziert werden, was wiederum eine Limitierung von EO-Daten darstellt. Ohne

das lokale Wissen, dass diese Weideflächen eine Bereitstellungsdienstleistung als Weidefläche für die Tiere darstellen und gleichzeitig die Hangstabilität regulieren, wäre es nicht möglich, die kartierten Weideflächen mit der Eco-DRR-Fragestellung in Verbindung zu setzen. Dennoch können EO-Daten v. a. für die Ausweisung von gefährdeten Bereichen verwendet werden. Insbesondere da die Verwendung von EO-Daten im Vergleich zu anderen Methoden, wie beispielsweise Feldarbeit, eine kostengünstige Lösung bieten. Somit ist die Verwendung von EO-Daten derzeit die beste umzusetzende Herangehensweise, um Informationen, die Eco-DRR-Managementstrategien unterstützen, abzuleiten.

Daher kann die entwickelte Herangehensweise in zukünftige Entscheidungen mit einbezogen werden, um eine nachhaltige und resiliente Entwicklung zu garantieren und gleichzeitig die Ökosystemdienstleistungen im Untersuchungsgebiet zu erhalten und wiederherzustellen.

SEEA in San Martin, Peru

Die Integration von Umweltdaten in den zuvor beschriebenen Rahmen des SEEA-Konzeptes ist eine Herausforderung an die Fernerkundung. Doch mit der Vielzahl von Sensoren und der Kombination mit geografischen Informationssystemen und zusätzlichen Hilfsdaten können mehrere Zwecke (wie zum Beispiel die Erstellung von SEEA-Bodenbedeckungsdaten) unterstützt werden. In diesem Projekt wurden die abgeleiteten Umweltinformationen (Reisfelder) erfolgreich als Proxy und Grundlage für die Abschätzung des Wasserverbrauchs in der Bewässerungslandwirtschaft verwendet. Die ermittelten Ergebnisse wurden wiederum im SEEA-Rahmen implementiert.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Erfassung von Ökosystemen und ihren Dienstleistungen mittels Erdbeobachtungsdaten bis zu einem gewissen Grad durchgeführt werden kann. Allerdings gibt es immer noch viele offene Fragen, bevor die Erdbeobachtung diesen Bereich vollends unterstützen kann. Einerseits wird die Erfassung von Ökosystemdienstleistungen durch die Datenverfügbarkeit und die zeitliche und räumliche Auflösung der Erdbeobachtungsdaten eingeschränkt, andererseits fehlt das umfassende Verständnis über die Anforderungen an die Erdbeobachtungsdaten für eine erfolgreiche Implementierung in das System der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen.

3 Fazit

Mit dem Ziel der Entwicklung und der Erprobung von methodischen Ansätzen für die Erfassung von Ökosystemen und ihren Dienstleistungen zeigt diese Arbeit auf, dass Erdbeobachtung bis zu einem gewissen Grad unterstützend beitragen kann. Die größten Herausforderungen an die Fernerkundung können in theoretische und technische Faktoren unterteilt werden. Theoretische Faktoren, die bei der Unterstützung von Fernerkundung berücksichtigt werden müssen, sind:

- Definition von Anforderungen (Ökosystemen und Ökosystemdienstleistungen etc.).
- Allgemeine Kenntnis über Ökosystemdienstleistungen (Bestände, Ströme, Vorteile).
- Kenntnisse über den Zustand und über die Bedrohungen an Naturkapital.
- Kenntnisse über die Naturschutzpolitik (Umweltmanagement).
- Verständnis und Kenntnisse der erwarteten Ergebnisse und der weiteren Analysen.

Technische Faktoren, die die Entwicklung von EO-Produkten für die Erfassung und Bewertung von Ökosystemen und ihren Dienstleistungen beeinflussen können sind:

- Kenntnisse zum Stand der Datenplattform (Existierende Daten, Lücken etc.).
- Beachten der räumlichen und zeitlichen Auflösung (Vergleichbar mit existierenden Daten oder Ergebnissen, ausreichend für gewünschtes Resultat, Einzelaufnahme, Zeitreihen, Aufnahme von Veränderungen etc.).
- Beachten der erforderlichen Skala (lokal, regional, national, global).
- Berücksichtigung besonderer Anforderungen (spezielle Ökosysteme etc.).

Diese technischen und theoretischen Herausforderungen zu bewältigen, kann eine Verbesserung der Informations- und Datenbeschaffung für den Bereich der Ökosystemdienstleistungen hervorrufen. Wichtig ist es, Entscheidungsträger, Akteure und Nutzer von Anfang an mit einzubinden und gemeinsame Kommunikationswege, Kooperationswege und erwartete Anforderungen zu diskutieren, um so eine gemeinsame Grundlage als Ausgangsbasis zu schaffen. Abschließend kann gesagt werden, dass die Verwendung von Erdbeobachtung für die Ökosystemüberwachung und -bewertung ein neuer Ansatz ist und weitere Forschung und Entwicklung benötigt.

Literatur

- AYANU, Y. Z., CONRAD, C., NAUSS, T., WEGMANN, M. & KOELLNER, T. (2012), Quantifying and mapping ecosystem services supplies and demands: A review of remote sensing applications. *Environmental Science and Technology*, 46, 8529-8541.
- BOYD, J. & WAINGER, J. (2003), *Measuring Ecosystem Service Benefits: The Use of Landscape Analysis to Evaluate Environmental Trades and Compensation*. Resources for the Future. Washington DC.
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBUR, K., NAEEM, S., O'NEILL, R. V., PARUELO, J., RASKIN, R. G., SUTTON, P. & VAN DEN BELT, M. (1997), The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- ESTRELLA, M. & SAALISMAA, N. (2012), Ecosystem-based disaster risk reduction (Eco-DRR): An overview. In: RENAUD, F. G., SUDMEIER-RIEUX, K. & ESTRELLA, M. (Eds.), *The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction*. United Nations University Press, Tokyo/New York/Paris, 26-54.
- LIQUETE, C., HAAS, E., BONDO, T., HIRZINGER, C., SCHNELLE, M., REISINGER, D., LYON, D., FINISDORE, J. & LEDWITH, M. (2016), A practical approach to mapping of ecosystems and ecosystem services using remote sensing. In: POTSCHIN, M., HAINES-YOUNG, R., FISH, R. & TURNER, R. (Eds.), *Routledge Handbook of Ecosystem Services*. Routledge, London/New York, 205-212.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, (2005), *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- UNITED NATIONS (2012), *System of Environmental-Economic Accounting. Central Framework*. New York.
- XIAO, X., BOLES, S., FROLKING, S., LI, C., BABU, Y. J., SALAS, W. & MOORE, B. III (2006), Mapping paddy rice agriculture in South and Southeast Asia using multi-temporal MODIS images. *Remote Sensing of Environment*, 100, 95-113.