

GIS-gestützte Modellierung von Ökosystemleistungen – Status quo, Potenziale und Trade-offs

Marvin Melzer¹ und Sonoko Bellingrath-Kimura¹

Abstract: Die Bewertung von Ökosystemleistungen (ÖSL) ist der Schlüssel für eine zukünftige zielgerichtete und leistungsorientierte Subventionierung landwirtschaftlicher Maßnahmen. Basierend auf den Hauptfruchtarten der letzten fünf Jahre wurden der aktuelle Zustand sowie das Optimierungspotenzial der ÖSL Erosionsschutz ($t\ ha^{-1}a^{-1}$) und Biomassertrag ($\text{€}\ ha^{-1}$) in zwei 5x5 km Landschaftsausschnitten in Brandenburg durch einen Szenarien-Vergleich für jeden einzelnen Schlag quantitativ bewertet. Eine Erhöhung des Erosionsschutzes stand generell nicht im Widerspruch zu einer Steigerung des Biomassertrags, somit konnten 51 Schläge (Hotspots) identifiziert werden, auf denen eine Umstellung der Fruchtfolge zu positiven Effekten für beide ÖSL führen kann. Die Ergebnisse können über Programmschnittstellen in landwirtschaftliche Decision-Support-Systeme wie digitale Schlagkarteien integriert, z. B. durch ein Ampelsystem visualisiert und für die Praxis zugänglich gemacht werden.

Keywords: Ökosystemleistung, GIS, Erosionsschutz, InVeKos, Fruchtfolge, ABAG, Landnutzung, Agrarsubvention, DSS, FMIS

1 Einleitung

Ökosystemleistungen sind definiert als der Nutzen, den der Mensch aus der Natur zieht (MA 2005). Landwirtschaftliche Maßnahmen, die zu einer Zustandsverbesserung vernachlässigter ÖSL führen, sollen gezielt subventioniert werden (Ronchi 2018; Europäische Kommission 2011). Die quantitative Bewertung und Visualisierung von ÖSL auf Agrarflächen ist der Schlüssel für eine zielgerichtete und leistungsorientierte Vergütung landwirtschaftlicher Maßnahmen (Maes et al. 2012). Diese Arbeit stellt ein Konzept vor, mit dem Zustand und Optimierungspotenzial von und Trade-offs zwischen den ÖSL Erosionsschutz (Wassererosion) und Biomassertrag (monetär) auf Schlagebene durch mathematische Modelle quantifiziert und visualisiert werden kann. Es sollen Schläge (Hotspots) identifiziert werden, auf denen Bewirtschaftungsmaßnahmen zu einer Verbesserung beider ÖSL führen können.

¹ Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Programmbereich 2, Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg, Deutschland, marvin.melzer@zalf.de, sonoko.bellingrath-kimura@zalf.de

2 Material und Methoden

Für die Modellierung der ÖSL wurden Rasterdaten zu Klima, Boden und Relief sowie aktuelle InVeKos-Daten² aus den Jahren 2015 bis 2019 mit Informationen zur jährlichen Landnutzung (Hauptfrucht) in zwei 5 x 5 km großen Landschaftsausschnitten und deren unmittelbaren Umgebung in Brandenburg verwendet. Die Einteilung der Klassen zur Visualisierung der Ergebnisse wurde mit dem Jenks-Caspall-Algorithmus berechnet.

2.1 Berechnung der Ökosystemleistung Erosionsschutz

Die ÖSL Erosionsschutz wurde definiert als der jährlich durch die Landnutzung vermiedene Bodenabtrag unter der Annahme, dass eine Ackerbrache den höchsten Bodenabtrag verursacht. Der durchschnittliche jährliche Bodenabtrag wurde basierend auf der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) nach Schwertmann et al. (1987) mit dem Modell InVEST SDR (The Natural Capital Project 2020) für die InVeKos Hauptfruchtarten von 2015 bis 2019 berechnet, sowie für ein theoretisches Minimum unter Dauergrünland. Der unter aktuellen Bedingungen noch vermeidbare Bodenabtrag ergab sich aus der Differenz des aktuellen Bodenabtrags und des Minimums. Die erzeugte Rasterdatei wurde mit den Polygonflächen der InVeKos-Daten verschritten, um den durchschnittlichen vermeidbaren Bodenabtrag pro Schlag in ArcGIS Pro darzustellen.

2.2 Berechnung der ÖSL Biomasseertrag

Die ÖSL Biomasseertrag wurde monetär durch die Direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistungen (DAL) der Hauptfruchtarten von 2015 bis 2019 quantifiziert, um Kulturen verschiedener Nutzungstypen (Nahrungsmittel, Energiepflanzen, Baustoffe) angemessen vergleichen zu können. Die DAL einzelner Kulturarten wurden mit dem KTBL Leistungs-Kostenrechner (KTBL 2020) ermittelt. Die Parameter des Rechners wurden an die durchschnittlichen standortspezifischen Produktionsfaktoren und Ertrags Erwartungen angepasst. Zusätzliche Einnahmen durch Agrarsubventionen sowie Kosten durch Pacht wurden nicht berücksichtigt.

2.3 Bestimmung von Hotspots, Trade-offs und Synergien der ÖSL Erosionsschutz und Biomasseertrag

Per SQL-Abfrage in ArcGIS Pro wurden Schläge selektiert und hervorgehoben, deren ÖSL in einem schlechten Zustand sind. Nur Schläge, deren DAL unter 0 € ha⁻¹ liegen, die

² Das Integrierte Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVeKoS) ist ein System von Verordnungen zur Durchsetzung einer einheitlichen Agrarpolitik in den EU-Mitgliedstaaten. Datenquelle: MLUL Brandenburg

ein verbleibendes Erosionsschutzpotenzial von mindestens $0,02 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ und eine Mindestgröße von 5000 Quadratmetern aufweisen, wurden selektiert.

Um mögliche Trade-offs oder Synergien zwischen den ÖSL zu ermitteln, wurde eine Korrelationskurve erstellt, die den Zusammenhang zwischen dem noch vermeidbaren Bodenabtrag und den DAL prüfen soll. Fehlerhafte Inputdaten, wurden ausgeschlossen. Für diese Analyse wurde eine separate Selektion durchgeführt. Es wurden nur Schläge betrachtet, die größer als 2000 m^2 sind, auf denen der Bodenabtrag noch mindestens um $0,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ reduziert werden kann und gleichzeitig die DAL kleiner als 6000 € ha^{-1} sind.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Erosionsschutz

Der jährliche Bodenabtrag könnte durch eine Optimierung der Fruchtfolge innerhalb der Landschaftsausschnitte im Schnitt um $0,025 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ reduziert werden (Abb. 1).

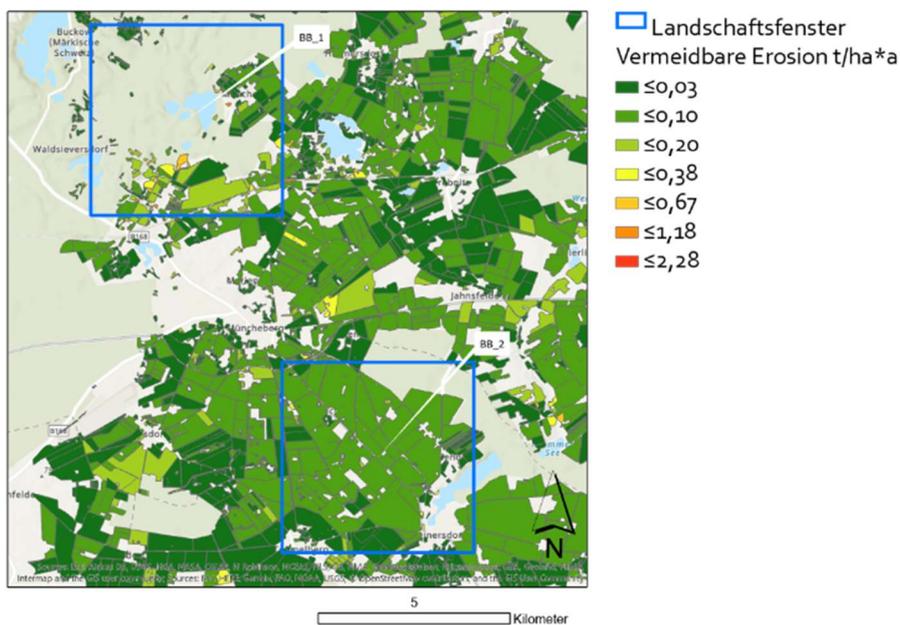


Abb. 1: Erosionsschutzpotenzial in den Landschaftsausschnitten BB_1 und BB_2 und der umliegenden Umgebung in Brandenburg nahe Mücheln, visualisiert als die noch vermeidbare Erosion in $\text{t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ auf Schlägeebene.

3.2 Biomasseertrag

Die DAL der Hauptfruchtarten innerhalb mehrjähriger Fruchtfolgen (2015-2019) schwankten zwischen -891 € und 15000 € pro Schlag (Abb. 2). Im Landschaftsausschnitt BB_2 lagen sie zwischen -875 € und 7008 € und im Schnitt bei 1063 € pro Schlag. In BB_1 lag der Wert pro Schlag zwischen -855 € und 11832 € und im Schnitt bei 1403 €. Negative Werte sind durchaus nachvollziehbar, da Agrarsubventionen und zusätzliche unbekannte Einnahmen nicht in der Berechnung berücksichtigt wurden. Die Berücksichtigung von Zwischenfrüchten würde das Modell z. B. deutlich verbessern.

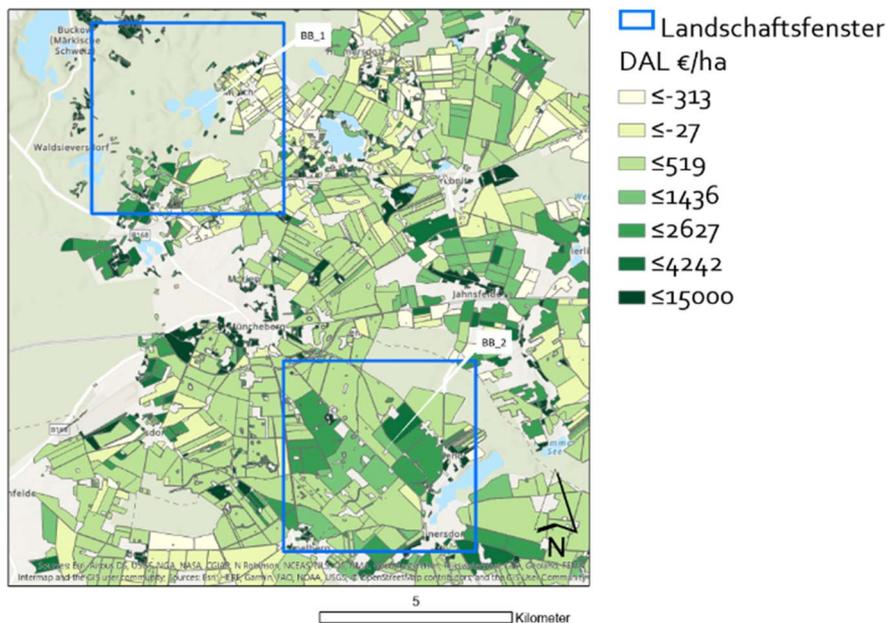


Abb. 2: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistungen der Hauptfruchtarten von 2015 bis 2019 (€ ha⁻¹) in den Landschaftsausschnitten BB_1 und BB_2 und der umliegenden Umgebung in Brandenburg nahe Müncheberg. Visualisierung auf Schlagebene.

Die Korrelation zwischen dem noch vermeidbaren Bodenabtrag und den DAL zeigte keinen signifikanten Zusammenhang. Ein vernachlässigter Erosionsschutz lässt sich somit nicht durch höhere Einnahmen ungünstiger Fruchtfolgen erklären, wobei Pachtpreise und Subventionen nicht berücksichtigt wurden. Eine Anpassung von Fruchtfolgen zur Verbesserung des Erosionsschutzes kann somit auch zu wirtschaftlichen Vorteilen führen, jedoch müssen weitere Faktoren wie z. B. die Nutzbarkeit der angebauten Kulturarten innerhalb

des Betriebssystems sowie Vertriebsmöglichkeiten, verfügbare Maschinen und spezielle Anforderungen an Boden und Klima geprüft werden. Die Wassererosion im Untersuchungsgebiet ist aufgrund des Reliefs und der Bodeneigenschaften generell sehr niedrig, dadurch ist der Erosionsschutz hier keine ausschlaggebende Ökosystemleistung für die Optimierung der Landnutzung. Deshalb müssen weitere ÖSL wie z. B. Biodiversität, Wasserverfügbarkeit und Klimastabilität in die Bewertung integriert werden, um andere Trade-offs ausschließen/bewerten zu können.

3.3 Hotspots für Agrar-Maßnahmen

Im Landschaftsausschnitt BB_1 wurden 42 Schläge als Hotspots für landwirtschaftliche Maßnahmen identifiziert, in BB_2 nur 9 Schläge (Abb. 3). Grund dafür ist hauptsächlich das heterogenere Relief in BB_1, das zu höheren Bodenabträgen führt und damit auch das Erosionsschutzpotential vergrößert. Die Visualisierung der Hotspots ermöglicht dem Landwirt, der die entsprechenden Schläge bewirtschaftet, eine zielgerechte Umsetzung von Maßnahmen mit erhöhtem Wirkungspotenzial im Vergleich zu anderen Schlägen.

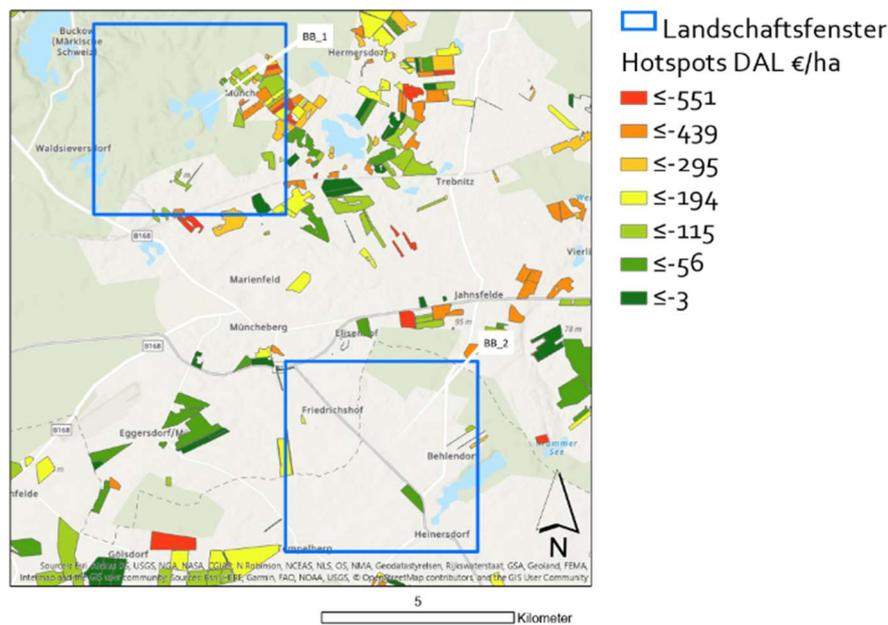


Abb. 3: Hotspot-Flächen mit Optimierungspotenzial für die ÖSL Erosionsschutz und Biomasseertrag. Schläge ab einer Größe von 5000 m², deren DAL unter 0 € ha⁻¹ liegen und ein verbleibendes Erosionsschutzpotential von mindestens 0,02 t ha⁻¹a⁻¹ aufweisen.

4 Fazit

Das vorgestellte Konzept unterscheidet sich von bisherigen Ansätzen, bei denen ÖSL nur auf globaler oder regionaler anstatt auf Schlagebene und unter Berücksichtigung der kulturartenspezifischen Landnutzung bewertet wurden. Die hier vorgestellte Bewertung einer Ökosystemleistung innerhalb eines Flurstücks erfolgte nicht in Relation zum gesamten Untersuchungsgebiet, sondern durch einen Szenarien-Vergleich für jeden einzelnen Schlag. Somit konnten landwirtschaftliche Nutzflächen identifiziert werden, auf denen das Optimierungspotenzial von ÖSL und eine potentielle Vergütung gezielter Maßnahmen am höchsten sind. Eine Verknüpfung verschiedener Datenquellen (InVeKos, KTBL, Ertragsdaten, Boden, Klima etc.) zu einer umfassenden und stets aktuellen Datenbank ermöglichte eine dynamische Berechnung der ÖSL und deren Trade-offs und Synergien. Die Ergebnisse können über Programmschnittstellen in landwirtschaftliche Decision-Support-Systeme wie digitale Schlagkarteien integriert, z. B. durch ein Ampelsystem visualisiert und für die Praxis zugänglich gemacht werden.

Literaturverzeichnis

- [EK11] Europäische Kommission: Die Biodiversitätsstrategie der EU bis 2020, Amt für Veröff. der Europ. Union., Luxemburg, 2011.
- [KT20] KTBL: Leistungs-Kostenrechnung-Pflanzenbau, <https://daten.ktbl.de/dslkr-pflanze/postHv.html>, Stand: 08.10.20.
- [MA05] MA: Ecosystems and human well-being. Current state and trends findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. Washington DC, 2005.
- [Ma12] Maes, J.; Paracchini, M. L.; Zulian, G.; Dunbar, M. B.; Alkemade, R: Synergies and trade-offs between ecosystem service supply, biodiversity, and habitat conservation status in Europe. *Biological Conservation* 155, S. 1–12, 2012.
- [Ro18] Ronchi, S.: Ecosystem services for spatial planning. Innovative approaches and challenges for practical applications, Springer, Cham, 2018.
- [SVK87] Schwertmann, U.; Vogl, W.; Kainz, M.: Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen, Ulmer, Stuttgart, 1987.
- [TN20] The Natural Capital Project: InVEST - Sediment Delivery Ratio, <http://releases.natural-capitalproject.org/invest-userguide/latest/sdr.html#the-model>, Stand: 06.11.20.