

Die Multifunktionalität von Ackerbausysteme bewerten

Wittwer R A¹ & van der Heijden M G A^{1,2}

Keywords: Ökosystemleistungen, Bewertungsinstrumente, Multifunktionalität.

Abstract

Ecosystems provide multiple services to humans. However, agricultural systems are usually evaluated on their productivity and economic performance, and a systematic and quantitative assessment of the multifunctionality of agroecosystems including ecosystem services (ES) is missing. Using a long-term farming system experiment, we evaluated and compared the agronomic, economic, and ecological performance of important and innovative arable cropping systems in Europe: conventional and organic farming with either intensive or conservation tillage. We analyzed 43 agroecosystem properties and determined overall agroecosystem multifunctionality (EMF). We show that organic and conservation agriculture promoted EMF, especially by enhancing regulating and supporting services, including biodiversity preservation, soil and water quality, and climate mitigation. In contrast, conventional cropping showed reduced multifunctionality but delivered highest yield. Organic production resulted in higher economic performance, thanks to higher product prices and additional support payments. Our results demonstrate that different cropping systems provide opposing services, enforcing the productivity–environmental protection dilemma for agroecosystem functioning.

Einleitung und Zielsetzung

Es ist zunehmend anerkannt, dass Agrar-Ökosysteme mehrere Funktionen leisten und neben der Produktion von Nahrungsmitteln verschiedene Dienstleistungen für den Menschen bereitstellen. Die Gestaltung multifunktionaler Agrar-Ökosysteme soll zu einer nachhaltigen, landwirtschaftlichen Produktion beitragen, die den steigenden Nahrungs- und Futtermittelbedarf decken, aber gleichzeitig Umweltbelastungen minimieren soll. Jedoch ist eine systematische, einheitliche und quantitative Bewertung dieser diversen Leistungen bisher noch nicht hinreichend erfolgt und es ist demnach schwierig die Anbaumethoden holistisch zu bewerten. Ebenfalls ist es wichtig, die Synergien und Zielkonflikte zwischen den verschiedenen Leistungen zu analysieren, um die Gesamtleistung eines Systems zu verbessern.

Anhand eines Langzeitversuches wurde ermittelt, wie sich verschiedene Ackerbausysteme auf insgesamt neun zentrale Leistungen auswirken: den Erhalt der Biodiversität und der Bodengesundheit, den Schutz von Boden, Wasser und Luft, die Produktivität und verschiedene ökonomische Indikatoren. Mittels methodischer Ansätze aus der Ökologie, wurden ebenfalls verschiedene Ökosystem-Multifunktionalitätsindexe berechnet und die Gesamtleistung der Systeme bewertet (Wittwer et al. 2021).

Methoden

¹ Agroscope, Reckenholzstrasse 200, 8046, Zürich, Schweiz, www.agroscope.ch, raphael.wittwer@agroscope.admin.ch

² Universität Zürich, Zollikerstrasse 107, 8008, Zürich, Schweiz, www.uzh.ch

Diese Studie wurde anhand von Daten des Farming System and Tillage long-term experiment (FAST) von Agroscope durchgeführt, in der vier Ackerbausysteme (konventionell mit Pflug **C-IT** und Direktsaat **C-NT** sowie ökologisch mit Pflug **O-IT** und mit reduzierter Bodenbearbeitung **O-RT**) seit 2009 untersucht werden (Wittwer et al. 2021). Um die Gesamtleistung der untersuchten Ackerbausysteme zu bewerten, wurden 41 Variablen in 13 Ökosystemfunktionen klassifiziert, in unterstützende, regulierende, bereitstellende und ökonomische Leistungen unterteilt und zu verschiedenen Multifunktionalitäts (EMF)-Indizes zusammengefasst (Tabelle 1). Die Klassifizierung wurde gestützt auf die MEA und UKNEA Konzepte durchgeführt (Millennium Ecosystems Assessment 2005, UK National Ecosystem Assessment 2011). Einige Variablen wurden direkt als Indikatoren für eine Funktion verwendet, während andere erst in zusammengesetzte Variablen gebündelt (gemittelt) wurden, wenn sie zur gleichen Funktion beitragen. Dies geschah, um eine Übergewichtung bestimmter Aspekte der Ökosystemfunktion zu vermeiden und um eine Verzerrung der Bewertung der Multifunktionalität aufgrund einer Überrepräsentation verwandter Variablen zu vermeiden. Um verschiedene Variablen bündeln zu können, wurden alle Daten erst mit der z-Transformationsfunktion und danach zwischen 0 und 1 skaliert (0 = tiefster Wert, 1 = höchster Wert). Die Agrarökosystem-Multifunktionalität (EMF) wurde nach der Methode der Mittelwertbildung aus der Ökologie (Byrnes et al. 2014, Manning et al. 2018) berechnet. Dabei wurde jeder der 13 Ökosystemfunktionen, und den vier Kategorien das gleiche Gewicht gegeben, indem der Durchschnitt auf der jeweiligen Aggregationsebene ermittelt wurde.

Tabelle 1: Vereinfachte Klassifikation der erhobenen Parameter in Ökosystemdienstleistungen für die Multifunktionalitätsanalysen (Für eine detaillierte Auflistung der Parameter und Methoden siehe Wittwer et al. 2021).

Ökosystemeleistungen und ökonomische Indikatoren		Funktionen / Indikatoren	Parameter
Unterstützend	Erhalt der Biodiversität	Oberirdische Diversität	Pflanzen Diversität
		Unterirdische Diversität	Boden (mikrobiologische) Diversität
	Bodengesundheit	Boden Chemie	Boden Corg, N, P, K Gehalte
		Boden Biologie	Mikrobielle Biomasse, Mykorrhiza Abundanz, Regenwürmer
Boden Physik		Aggregatstabilität	
Regulierend	Bodenschutz	Erosionsschutz	Sedimentabtrag*
	Wasserregulierung	Wasserverschmutzung*	Aquatische Toxizität Auswaschung
	Klimaregulierung	Treibhausgasemissionen*	Treibhausgasemissionen
bereitstellend	Produktivität	Ertrag	Marktfähige Erträge
		Qualität	N Gehalte
Ökonomie	Rentabilität	Einkommen	Produktelerlös, Kosten, Stundenlohn
	Finanzielle Autonomie	Anteil von Unterstützungsbeiträge an Einkommen *	
	Arbeit	Arbeitslast*	Arbeitsstunden

* Variablen werden invertiert, damit ein höherer Wert immer eine bessere Dienstleistungserbringung entspricht.

Ergebnisse

Insgesamt erbringen eine ökologische Bewirtschaftung und bodenschonende Bodenbearbeitung – ohne Pflugeinsatz – mehr Dienstleistungen auf höherem Niveau als eine konventionelle Bewirtschaftung, die vor allem auf höhere Produktivität setzt. Dennoch schneidet kein System bei allen Dienstleistungen am besten ab (Abbildung 1).

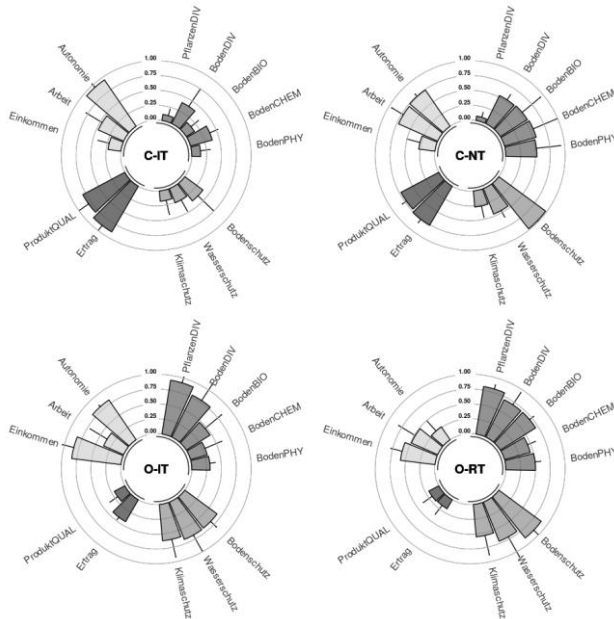


Abbildung 1: Relative skalierte (zwischen 0 und 1, 0 = tiefster Wert, 1 = höchster Wert) Erbringung der 13 ökosystem-Funktionen und ökonomische Indikatoren für die vier untersuchten Ackerbausysteme.

Unterstützende Funktionen wie Biodiversität und Bodengesundheit sowie der Bodenschutz werden durch ökologische Bewirtschaftung und eine konservierende Bodenbearbeitung gefördert, insbesondere wenn gleichzeitig angewendet. Der Schutz von Wasser und Klima wird hauptsächlich durch den Verzicht auf Kunstdünger und Pestizide unter ökologischem Landbau erreicht. Jedoch lagen die Öko-Erträge im Schnitt 21 Prozent tiefer als bei den konventionellen Systemen. Diese tiefere Produktivität wirkte sich aber nicht negativ auf das Einkommen aus, welches durch höhere Produzentenpreise und Förderungsbeiträge kompensiert wurde (Abbildung 2).

Zusammen betrachtet zeichnen sich generell alternative Anbausysteme, wie der ökologische Landbau und die konservierende Landwirtschaft, durch eine höhere Multifunktionalität aus (Abbildung 2).

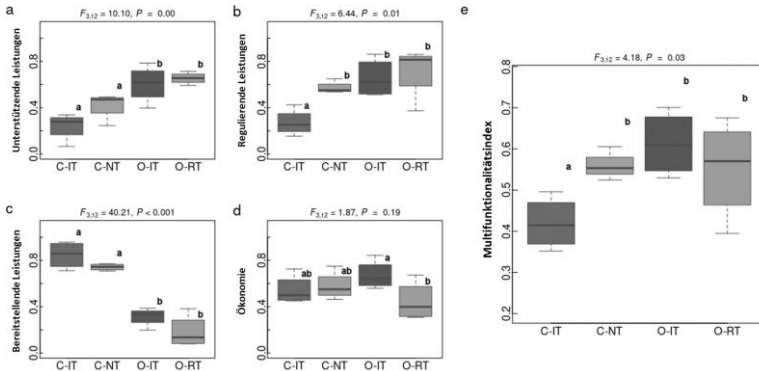


Abbildung 2: Relative skalierte Leistungen (zwischen 0 und 1, 0 = tiefster Wert, 1 = höchster Wert) Erbringung der Leistungen gruppiert in die vier Kategorien unterstützende (a), regulierende (b), bereitstellende (c) und ökonomische (d) Leistungen, sowie den gesamten Multifunktionalitätsindex (e).

Schlussfolgerungen

Anhand dieses Fallbeispiels, konnten wir zeigen, dass die konservierende Landwirtschaft und der ökologische Landbau die unterstützenden und regulierenden Leistungen von Ackerbausystemen verbessern, was zu der höchsten Multifunktionalität führt, wenn alle gelieferten Leistungen gleich gewichtet werden. Es zeigt aber auch, dass es Zielkonflikte zwischen Produktivität und Umweltschutz gibt, die durch geeignete Regulierungsmassnahmen (z.B. Unterstützungsbeiträge) abgefedert werden sollten. Es muss also klar definiert werden, welche Leistungen die Landwirtschaft in welchem Umfang liefern soll, und wie diese entgeltet werden. Eine Weiterentwicklung solcher Analysen auf Betriebsebene mit klar definierten und anwendbaren Indikatoren und Zielwerten (z. B. maximal erreichbarer oder angestrebter Ertrag, verbindliche Grenzwerte für Treibhausgasemissionen) wäre der nächste Schritt, um nachhaltige Systeme und Förderinstrumente zu entwickeln und zu bewerten.

Literatur

- Wittwer R A, Bender S F, Hartman K, Hydbom S, Lima R A A, Loaiza V, Nemecek T, Oehl F, Olsson P A, Petchey O, Prechsl U E, Schlaeppli K, Scholten T, Seitz S, Six J, Heijden M G A v d (2021) Organic and conservation agriculture promote ecosystem multifunctionality. *Science Advances* 7, eabg6995.
- Millennium Ecosystems Assessment, *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. (Island Press, Washington (DC), 2005).
- UK National Ecosystem Assessment, "The UK National Ecosystem Assessment: Synthesis of the Key Findings." (UNEP-WCMC, Cambridge, 2011).
- Byrnes J E K, Gamfeldt L, Isbell F, Lefcheck J S, Griffin J N, Hector A, Cardinale B J, Hooper D U, Dee L E, Emmett Duffy J & Freckleton R (2014) Investigating the relationship between biodiversity and ecosystem multifunctionality: challenges and solutions. *Methods in Ecology and Evolution* 5, 111-124.
- Manning P, van der Plas F, Soliveres S, Allan E, Maestre FT, Mace G, Whittingham M J & Fischer M (2018) Redefining ecosystem multifunctionality. *Nature Ecology and Evolution* 2, 427-436.