

Digitale Erfassung und Bewertung externer Effekte in der Landwirtschaft

Erkenntnisse aus dem Zukunftsbetrieb DaVaSus

Julia Toups¹, Lukas Beule², Clemens Bodt¹, Joke Czapla¹, Michael Hiß³, Gundula Hoffmann⁴, Michael Horf⁴, Max Küsters¹, Severino Pinto⁴, Mats Ricke¹, Friederike Suhl⁴, Anna Vaupel⁵, Sebastian Vogel⁴ und Benedikt Bösel¹

Abstract: Im Projekt DaVaSus („Data and value-based decision-making for a sustainable land use“) werden praxistaugliche Ansätze zur Erfassung und monetären Bewertung externer Effekte auf einem ökologisch wirtschaftenden Betrieb untersucht. Ziel ist es, Potenziale und Grenzen digitaler Technologien für die ökologische Wirkungsmessung und ökonomische Modellierung zu analysieren. Erste Ergebnisse zeigen, dass digitale Messsysteme kontinuierliche Datenerhebungen und automatisierte Auswertungen ermöglichen, jedoch häufig durch unzureichende Kalibrierung und technische Störanfälligkeit in ihrer Aussagekraft eingeschränkt sind. Auch in der ökonomischen Modellierung bleibt die manuelle Datenerhebung bislang unverzichtbar, da betriebliche Datenquellen nur begrenzt automatisiert verfügbar sind. Das Projekt verdeutlicht, dass Digitalisierung eine wertvolle Unterstützung für die Nachhaltigkeitsbewertung bieten kann, wissenschaftliche Begleitung jedoch unverzichtbar bleibt.

Keywords: Externalitäten, regenerative Landwirtschaft, digitale Wirkungsmessung, Modellierung

1 Einleitung

Im heutigen Agrar- und Ernährungssystem entstehen beträchtliche negative, aber auch positive Externalitäten. Damit sind Kosten und Leistungen der Landwirtschaft gemeint, die

¹Finck Stiftung gGmbH, Schlossstr. 19, 15518, Briesen (Mark), wissenschaft@gutundboesel.org

²Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Lübecker Ring 2, 59494 Soest, beule.lukas@fh-swf.de

³Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Bartningstr. 49, 64289 Darmstadt, m.hiss@ktbl.de

⁴Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V., Abteilung Agromechatronik und Abteilung Sensorik und Modellierung, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, mhorf@atb-potsdam.de, ghoffmann@atb-potsdam.de, spinto@atb-potsdam.de, fsuhl@atb-potsdam.de, svogel@atb-potsdam.de

⁵Julius Kühn-Institut (JKI) Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz, Königin-Luise-Str. 19, 14195 Berlin, anna.vaupel@julius-kuehn.de

nicht über den Markt abgegolten werden, aber Schäden oder Werte für die Gesellschaft verursachen [ZK21]. Um dem entgegenzuwirken, sollte die Vermeidung negativer Externalitäten (z. B. Treibhausgasemissionen oder Biodiversitätsverluste) und gleichzeitig die Erzielung positiver Externalitäten (z. B. Kohlenstoffbindung oder Hochwasserschutz) für LandwirtInnen betriebswirtschaftlich attraktiv werden – etwa durch Honorierung von Ökosystemleistungen [ZK21]. Die Relevanz des Themas zeigt sich in aktuellen politischen Debatten, in denen relevante nationale und internationale Akteure ein einheitliches Bewertungssystem für Nachhaltigkeitsleistungen fordern [DL25; St24; ZK24]. Dafür brauche es aber standardisierte Indikatoren, wissenschaftlich fundierte Mess- und Berechnungsverfahren sowie praktikable Erfassungssysteme. Vor diesem Hintergrund untersucht das vom BMLEH geförderte Projekt DaVaSus („Data and value-based decision-making for a sustainable land use“) praxistaugliche Ansätze zur Erfassung und Bewertung externer Effekte unter Nutzung digitaler Techniken auf dem ökologisch wirtschaftenden Betrieb Gut&Bösel in Brandenburg.

2 Methodik

Im Fokus der Forschung stehen regenerative Bewirtschaftungsmaßnahmen wie Agroforstsysteme, Blühstreifen und Untersaaten, die im Rahmen mehrjähriger Feldversuche (2023–2026) untersucht werden. Der erste methodische Ansatz zielt auf die **ökologische Wirkungsmessung** von Effekten der Bewirtschaftung ab und ist relevant für die ergebnisorientierte Honorierung („Outcome-based Payment“). Die ökologische Wirkungsmessung umfasst verschiedene Fokusbereiche unter Einsatz sowohl klassischer Messmethoden als auch digitaler Sensorik (Tab. 1).

Bereich	Technik (* kommerzielles System)	Datenoutput
Boden- gesundheit	VISNIR-Spektrometer	Bodenfeuchte, Humus (diskret)
	<i>Diabek</i> DIY-Wetterstation*	Bodenfeuchte (kontinuierlich)
	Echtzeit-PCR	Mikrobielle Populationsgröße (diskret)
	<i>Soilytix</i> MySoil-Analyse*	Mikrobielle Diversität und -Aktivität (diskret)
Biodiversität	<i>eVolito</i> Insektensensor*	Fluginsektenanzahl, -diversität (kontinuierlich)

	Senfölaustrieb	Regenwurmanzahl, -diversität (diskret)
Klimawirkung	FTIR-Sensor	CO ₂ -, CH ₄ -, N ₂ O-Flüsse (diskret)
	Bodenanalysen (Labor)	Organischer Kohlenstoff (diskret)
Tierwohl	<i>smaXtec</i> Pansenboli*	Körpertemperatur, Aktivität, Wiederkautätigkeit, Wasseraufnahme (kontinuierlich)
	<i>eShepherd</i> Geofencing-Halsbänder*	Tier-Standortdaten (kontinuierlich)
	Drohne DJI Mavic 3T	Videos zum Tierverhalten (diskret)

Tab.1.: Techniken zur ökologischen Wirkungsmessung im DaVaSus Projekt

Der zweite methodische Ansatz befasst sich mit der **ökonomischen Modellierung** externer Effekte und ist insbesondere für maßnahmenorientierte Honorierungen („Action-based Payment“) relevant. Dazu werden eine betriebswirtschaftliche Bewertung sowie zwei modellbasierte Ansätze zur Monetarisierung externer Effekte durchgeführt, die verschiedene Nachhaltigkeitsbereiche abdecken (Tab. 2). Als Grundlage für die Bewirtschaftung wird eine Dokumentation der Bewirtschaftung durch Agrarantrag, Schlagkartei und Telemetrie-Software vorgenommen.

Bereich	Technik *kommerzielle Bewertung	Datenoutput
Ökonomisch	Kosten-Leistungs-Rechnung nach KTBL Standards	Kosten, Leistungen (€)
Ökologisch	True Cost Accounting durch Sustainable AG*	Umweltschadenskosten (€)
Ökologisch, Sozial, Regionalökonomisch	Sustainable Performance Accounting durch Regionalwert Leistungen GmbH*	Nachhaltigkeitsleistungen (€)

Tab.2.: Techniken zur ökonomischen Modellierung im DaVaSus Projekt

Im Rahmen einer integrierten Fallstudienanalyse werden die Techniken der ökologischen Wirkungsmessung und der ökonomischen Modellierung anhand ihres Digitalisierungsgrades charakterisiert. Die ökologischen Techniken werden nach ausgewählten Qualitätskri-

terien zur Bewertung digitaler Technologien nach [Be24] systematisch diskutiert (Robustheit, Zuverlässigkeit und Genauigkeit, Wirtschaftlichkeit). Dabei steht die Forschungsfrage im Fokus, inwieweit digitale Techniken eine sinnvolle Unterstützung für ein belastbares und unbürokratisches Erfassungssystem für externe Effekte darstellen können.

3 Ergebnisdiskussion

Im DaVaSus Projekt wurden manuelle und digitale Mess- und Modellierungstechniken eingesetzt (Abb. 1). Techniken mit manueller Datenerhebung und -auswertung wurden von Forschungseinrichtungen nach validierten wissenschaftlichen Verfahren durchgeführt. Diese Erhebungen erfolgten im kontrollierten Versuchsdesign, wobei externe Einflüsse berücksichtigt und die Ergebnisse nach anerkannten wissenschaftlichen Standards interpretiert wurden. Darüber hinaus kamen im Projekt Techniken mit automatisierter Datenerhebung und -auswertung zum Einsatz, mit denen Ergebnisse potenziell automatisch in Farmmanagementsysteme oder Entscheidungsunterstützungstools integriert werden können.

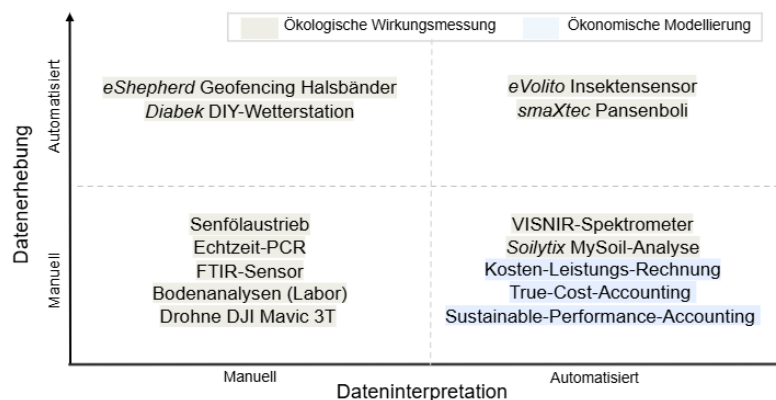


Abb.1: Techniken für Bewertung externer Effekte

In Bezug auf die digitalen Techniken für die **ökologische Wirkungsmessung** zeigt die Projekterfahrung ein gemischtes Bild hinsichtlich der Kriterien Robustheit, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit. Bei den automatisierten Erhebungen traten teilweise Ungenauigkeiten und technische Probleme auf, etwa beim GPS-Tracking der eShepherd-Halsbänder oder bei Ausfällen der Diabek-DIY-Wetterstationen. Auch die Genauigkeit und Verlässlichkeit der Ergebnisse wurde beeinträchtigt, wenn die Techniken nicht ausreichend für den Standort kalibriert waren, wie die eVolito-Insektensensoren, oder nicht für das jeweilige Einsatzfeld validiert waren, wie etwa bei den smaXtec-Pansenboli in der Mutterkuhhaltung. Diese Einschränkungen reduzierten die Aussagekraft der Ergebnisse,

was auf den automatischen Auswertungs-Dashboards jedoch nicht erkennbar war. Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit ließen sich durch digitale Messsysteme, die nach der Installation kontinuierliche Messungen durchführen, deutliche Einsparungen beim Personal- und Zeitaufwand feststellen. Allerdings führten zusätzliche Wartungsarbeiten, die aufgrund nicht ausreichend robuster Technik erforderlich waren, zu einem erhöhten Aufwand, wodurch sich die Wirtschaftlichkeit relativierte. Insgesamt zeigte sich, dass die ökologische Wirkungsmessung durch Digitalisierung zwar grundsätzlich unterstützt werden kann, jedoch nicht ohne wissenschaftliche Begleitung erfolgen sollte. Ohne ausreichende Kalibrierung, ein wissenschaftliches Versuchsdesign und die Interpretation der Daten mit Fachwissen besteht das Risiko, dass digitale Techniken fehlerhafte oder irreführende Ergebnisse liefern. Die ökologische Wirkungsmessung erfordert daher, auch mit digitaler Unterstützung, ein hohes Maß an methodischer Expertise.

Als Alternative zur ökologischen Wirkungsmessung wurde im Projekt die **ökonomische Modellierung** von externen Effekten betrachtet. Bezüglich der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Ergebnisse lässt sich festhalten, dass die KTBL-Berechnung auf einer klassischen, rationalen betriebswirtschaftlichen Bewertung basiert und konkrete Werte zu Kosten und Leistungen ergibt, die eine Grundlage für eine Kostenkompensation nachhaltiger Bewirtschaftungsmaßnahmen bilden können. Das True Cost Accounting und das Sustainable Performance Accounting beruhen hingegen auf kommerziell-entwickelten Methoden zur Inwertsetzung von Nachhaltigkeitseffekten. Diese bieten konkrete Werte zu Umweltschadenskosten und Nachhaltigkeitsleistungen, sind jedoch nicht wissenschaftlich validiert, was die Zuverlässigkeit der Ergebnisse einschränkt. Bei allen drei getesteten Modellierungsansätzen war eine manuelle Datenerhebung erforderlich, da eine vollständig automatisierte Bereitstellung der relevanten Bewirtschaftungsdaten – etwa zu Arbeitsgängen, Betriebsmitteln, Erträgen und Kosten – im DaVaSus-Projekt nicht realisiert werden konnte. Ein wesentlicher Grund hierfür liegt darin, dass für die Modellierungen Daten zur Betriebsführung in einer Detailtiefe benötigt werden, die in amtlichen Datenquellen, beispielsweise im Agrarantrag, nicht vorhanden ist. Die Datenauswertung und -interpretation hingegen konnte für alle drei Methoden automatisiert erfolgen, und zwar mithilfe eines eigens im Projekt entwickelten Tools, in dem die Formeln aus KTBL und Sustainable hinterlegt sowie eine API-Schnittstelle zu Regionalwert integriert war. Die Wirtschaftlichkeit der Modellierungsansätze kann durch die automatisierte Auswertung jedoch nur unwesentlich gesteigert werden, solange der notwendige Dateninput nicht ebenfalls automatisiert bereitgestellt werden kann.

4 Schlussfolgerungen

Die Entwicklung eines einheitlichen Bewertungskonzepts für Externalitäten mit standardisierten Messverfahren und Erfassungssystemen gestaltet sich als äußerst anspruchsvoll. Es zeigt sich, dass die vergleichende Anwendung verschiedener manueller und digitaler

Mess- und Modellierungstechniken im Projekt DaVaSus sehr hilfreich ist, um konkrete Einblicke bezüglich der Aussagekraft und Praktikabilität politisch diskutierter Ansätze zu gewinnen. Das Potenzial digitaler Datenerhebungs- und Auswertungssysteme konnte im Projekt aufgezeigt werden, allerdings nur im Rahmen wissenschaftlich begleiteter Forschungsvorhaben. Ein praktikabler Ansatz könnte daher in der Nutzung wissenschaftlich begleiteter Referenzbetriebe liegen, auf denen die ökologische Wirkungsmessung mit geeigneten (digitalen) Techniken stattfindet und die daraus gewonnenen Messdaten in ökonomische Modellierungsansätze integriert werden. Mit der fortschreitenden automatisierten Dokumentation der Bewirtschaftung und digitalen Anbindung betrieblicher Datenquellen könnte so ein praktikables und zuverlässiges Erfassungsmodell für Externalitäten entstehen – als Grundlage für eine Honorierung von Ökosystemleistungen.

5 Danksagung

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) mit dem Förderkennzeichen 28DE204A21.

Literaturverzeichnis

- [Be24] Beneke, F. et al: Wege zu einer Qualitätsbewertung digitaler und technischer Lösungen in der Landwirtschaft, Thünen Working Paper 246, 2024, www.literatur.thuenen.de/dig-bib_extern/dn068662.pdf, Stand 30.10.2025.
- [DL25] DLG: Rede des Präsidenten der DLG anlässlich der DLG-Wintertagung 2025, Münster, 18. Februar. www.dlg.org/fileadmin/Pressemitteilungen/de5c11f400f3b1071739877434237.pdf, Stand 30.10.2025.
- [St24] Strategic Dialogue: Strategic Dialogue on the Future of EU Agriculture, A shared prospect for farming and food in Europe, 2024, www.agriculture.ec.europa.eu/document/download/c9fdbb7b-10c9-405f-9be8-427ef6ad7614_en?filename=strategic-dialogue-report-executive-summary-2024_en.pdf, Stand 30.10.2025.
- [ZK21] ZKL: Zukunftskommission Landwirtschaft, Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, 2021, www.bmleh.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/abschlussbericht-zukunftskommission-landwirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=17, Stand 30.10.2025.
- [ZK24] ZKL: Zukunftskommission Landwirtschaft, Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe in schwierigen Zeiten, 2024, www.bmleh.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/zukunft-landwirtschaft-bericht-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=6, Stand 30.10.2025.