

Eine systematische Literaturanalyse quantifizierbarer Nachhaltigkeitsindikatoren auf landwirtschaftlicher Betriebsebene in der EU und der Schweiz

A systematic literature review of quantifiable sustainability indicators at farm level in the EU and Switzerland

Svea L. Schaffner^{1,2*}, Christiane Ness¹ und Uwe Latacz-Lohmann²

¹Fachbereich Agrarwirtschaft, Fachhochschule Kiel, Deutschland

²Institut für Agrarökonomie, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Deutschland

*Correspondence to: Svea.l.schaffner@fh-kiel.de

Received: 15 Januar 2024 – Revised: 15 Oktober 2024 – Accepted: 16 Oktober 2024 – Published: 10 Februar 2025

Zusammenfassung

Die Nachhaltigkeitsmessung auf landwirtschaftlicher Betriebsebene gewinnt durch die EU-Taxonomie-Verordnung an Bedeutung, da sie sicherstellen soll, dass Investitionen in nachhaltige Wirtschaftstätigkeiten fließen. Unsere Studie untersucht, welche quantifizierbaren Indikatoren für die Messung der Nachhaltigkeit in den Bereichen Ökonomie, Ökologie und Soziales bereits vorhanden sind und welche davon mit digitalen Primärdaten berechnet werden können. Wir haben 21 wissenschaftlich begutachtete Studien aus der EU, UK und der Schweiz einbezogen und eine systematische Literaturanalyse sowie eine integrative Inhaltsanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Vielzahl von Indikatoren verfügbar ist, die die Anforderungen der EU-Taxonomie unterstützen können.

Schlagerworte: Betriebsebene, Indikatoren, Nachhaltigkeit, digitale Daten, Literaturanalyse

Summary

The measurement of sustainability at the farm level is gaining importance due to the EU Taxonomy Regulation, as it aims to ensure that investments flow into sustainable economic activities. Our study examines which quantifiable indicators for measuring sustainability in the areas of economy, ecology, and social aspects already exist and which of these can be calculated using digital primary data. We included 21 peer-reviewed studies from the EU, UK, and Switzerland and conducted a systematic literature review as well as an integrative content analysis. The results show that a variety of indicators are available that can support the requirements of the EU Taxonomy.

Keywords: Farm level, Indicators, Sustainability, Digital data, Literature analysis

1 Einleitung

Die Nachhaltigkeitsmessung auf landwirtschaftlicher Betriebsebene erfüllt vielfältige Zwecke. Sie dient nicht nur als Entscheidungshilfe, sondern sensibilisiert auch für Nachhaltigkeitsbelange, trägt zur Imageverbesserung bei und unterstützt Beratungs- und Zertifizierungsprozesse (Doluschitz et al., 2009). In jüngster Zeit hat die Nachhaltigkeitsbewertung durch die EU-Taxonomie-Verordnung zusätzlich an Bedeutung gewonnen. Die am 01.01.2022 in Kraft getretene Verordnung ist ein wichtiges Instrument zur Umsetzung des European Green Deal. Sie soll sicherstellen, dass Investitionen in nachhaltige Wirtschaftstätigkeiten fließen. Bislang liegen bereits delegierte Rechtsakte mit Nachhaltigkeitskriterien für 13 Sektoren zu den Umweltzielen „Klimaschutz“ und „Anpassung an den Klimawandel“ vor. Allerdings fehlen noch abschließende Kriterien für die Land- und Ernährungswirtschaft (Bundestag, 2022). Gleichzeitig wird eine Harmonisierung der Bewertungsmaßstäbe für ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit in der EU angestrebt, um Wettbewerbsverzerrungen innerhalb der Mitgliedsstaaten zu vermeiden (EU, 2020). Obwohl die meisten landwirtschaftlichen Betriebe in Deutschland als kleine und mittlere Unternehmen (KMU) gelten und daher nicht direkt berichtspflichtig sind (Bundestag, 2022), werden indirekte Berichtspflichten für landwirtschaftliche Betriebe erwartet (Lay-Kumar, 2023).

Diese Ausarbeitung untersucht folgende Fragestellungen:

1.) Welche quantifizierbaren Indikatoren wurden für die Messung der Nachhaltigkeit in den Bereichen Ökonomie, Ökologie und Soziales auf landwirtschaftlicher Betriebsebene bereits in der Literatur identifiziert?

2.) Welche dieser Indikatoren können mit Hilfe digitaler Primärdaten berechnet werden?

Digitale Primärdaten sind Informationen, die direkt von landwirtschaftlichen Unternehmer*innen erfasst werden, z.B. mithilfe von Sensoren oder digitalen Aufzeichnungen.

Das Ziel dieser Arbeit ist eine systematische Übersicht quantifizierbarer Indikatoren für die landwirtschaftliche Produktion zu erstellen. Wir wollen Indikatoren identifizieren, die das Potenzial zu einer digitalen Erhebung unter dem Bottom-Up-Ansatz haben. Dieser Ansatz beinhaltet, dass die Datenerhebung und -bewertung von Landwirt*innen selbst initiiert und durchgeführt wird, im Gegensatz zu einem Top-Down-Ansatz, bei dem zentrale Institutionen die Erhebungsstandards vorgeben. Ein solches Verfahren ermöglicht eine direkte und möglichst automatisierte Erfassung der Daten vor Ort (Chopin et al., 2021). Zur Erreichung des Ziels haben wir wissenschaftlich begutachtete Studien aus der EU, UK und der Schweiz einbezogen und mittels einer systematischen Literaturanalyse klassifiziert und durch eine integrative Inhaltsanalyse ausgewertet.

1.1 Nachhaltigkeitsmessung

Bereits bestehende Ansätze und Tools zur Bewertung von Nachhaltigkeitsindikatoren auf landwirtschaftli-

cher Betriebsebene zeigen, dass die Einbindung verschiedener Stakeholder*innen wie Landwirt*innen, Verbraucher*innen, Umweltorganisationen und politische Entscheidungsträger*innen zu unterschiedlichen Prioritäten in der Indikatorauswahl führt. Die Beteiligung der Stakeholder*innen an der Entwicklung und Anwendung der Indikatoren, welche sich potenziell besser durch den Bottom-Up-Ansatz realisieren lässt, spielt eine entscheidende Rolle, da sie unterschiedliche Perspektiven und Bedürfnisse in den Bewertungsprozess einbringen (Chopin et al., 2021).

Quantitative Werte sind notwendig, um Veränderungen zu bewerten und die Erreichung administrativer Zielwerte zu erfassen (Moldan et al., 2012). Die Bewertung muss zudem kontextbezogen erfolgen, das heißt unter Einbezug von Faktoren wie Betriebsgröße, Produktionsart oder regionale Gegebenheiten, um die spezifischen Bedingungen jedes Betriebs zu berücksichtigen (Diogo et al., 2022). Die Festlegung der Ziele hängt stark von den verschiedenen Zielgruppen ab, wie der landwirtschaftlichen Betriebsebene, der Wertschöpfungskette oder dem Agrarsektor (Meyer und Priefer, 2021).

1.2 Digitale Daten zur Nachhaltigkeitsmessung

Die Bundesregierung strebt eine effektive Datennutzung an, um die Ziele der UN-Agenda 2030 zu erreichen und Bürokratie abzubauen (Bundesregierung, 2023; DESTATIS, 2021). Im Betriebsalltag müssen landwirtschaftliche Unternehmer*innen dieselben Daten wie Ertragsmengen, Betriebsstrukturdaten oder Düng- und Pflanzenschutzmaßnahmen oft mehrfach in unterschiedliche Systeme eingeben – etwa für die betriebliche Dokumentation, Nachhaltigkeitsbewertungen oder behördliche Anforderungen. Dieser Prozess ist zeitaufwändig und fehleranfällig.

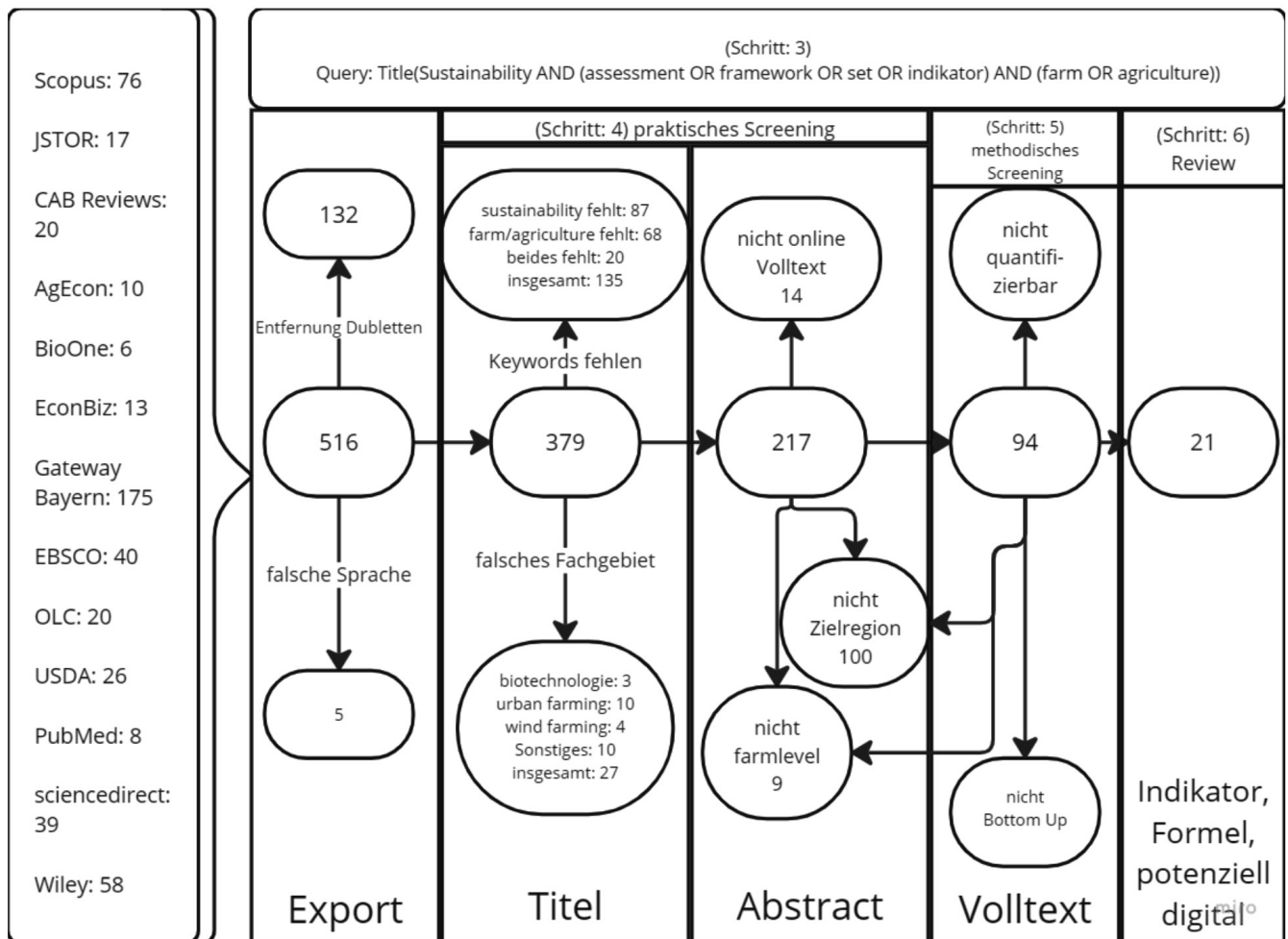
Die Relevanz digitaler Dokumentationspflichten steigt jedoch an, wie der Entwurf einer neuen Verordnung zur nachhaltigen Verwendung von Pflanzenschutzmitteln der EU-Kommission und das neue Arbeitszeitgesetz des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales zeigen. Maßnahmen zum Pflanzenschutz sind zukünftig digital zu dokumentieren, und Arbeitgeber*innen müssen seit 2023 die Arbeitszeiten ihrer Mitarbeiter*innen systematisch und elektronisch erfassen. Eine Lösung könnte die Kombination von Bewertungssystemen mit anderen Managementinstrumenten sein, um Doppelarbeit zu vermeiden und die Datengrundlage zu verbessern (Doluschitz et al., 2009).

2 Methodik

2.1 Systematische Literaturanalyse

Die systematische Literaturanalyse erfolgt in sieben Schritten, um einen reproduzierbaren Prozess zu gewährleisten (Fink, 2020). Abbildung 1 zeigt die 13 identifizierten Datenbanken und die Schritte drei bis sechs der Literaturanalyse. Nach der Definition der Forschungsfrage wählten wir Online-Datenbanken mit dem DBIS-System (DBIS, 2023) aus. Bei der Auswahl der geeigneten Datenbanken für die

Abbildung 1: Schritt 3 bis 6 der systematischen Literaturanalyse mit zahlenmäßiger Angabe der durch die jeweiligen Kriterien ausgeschlossenen Studien.



Quelle: Eigene Darstellung nach Fink, 2020.

Literaturrecherche berücksichtigten wir folgende Kriterien: 1.) peer-reviewte Volltextartikel, um die Qualität und Zuverlässigkeit der gefundenen Informationen sicherzustellen. 2.) Open-Access-Ressourcen, um Transparenz, Reproduzierbarkeit und Verfügbarkeit der Forschungsergebnisse zu gewährleisten. 3.) Arbeiten in Englisch oder Deutsch, um sicherzustellen, dass die Studien für die Autoren sprachlich zugänglich sind und ausgewertet werden können. Im dritten Schritt testeten wir verschiedene Filter und entwickelten eine Query, die in allen ausgewählten Datenbanken sinnvolle Ergebnisse lieferte. Dieser Prozess war iterativ und wurde fortgesetzt, bis Ergebnisse gefunden wurden, die die gewählten Keywords im Titel enthielten. Die Beschränkung auf Keywords im Titel erfolgte, weil nicht alle Datenbanken die gewünschten Funktionen in der Query-Formulierung zuließen. Nach der Auswahl der Datenbanken exportierten wir im vierten Schritt die verfügbaren Papiere für das praktische Screening. Dabei sichteten wir Titel und Abstracts, um irrelevante Arbeiten auszuschließen. Der fünfte Schritt umfasste das methodische Screening der Volltexte, wobei wir die Kriterien methodischer Ansatz, Datenerhebung und Quanti-

fizierbarkeit der Indikatoren überprüften. Im sechsten Schritt analysierten wir die ausgewählten Studien detailliert, um notwendige Daten zu extrahieren. Im siebten Schritt prüften wir, ob die Variablen zur Indikatoren-Berechnung auf quantitativer Datenerhebung basieren, metrisch skaliert sind und die Berechnungsformel transparent ist.

2.2 Integrative Inhaltsanalyse

Wir verwendeten die integrative Inhaltsanalyse nach Früh (2015), um geeignete Indikatoren aus den identifizierten Veröffentlichungen zu erarbeiten. Dabei bildeten wir Kategorien und erstellten ein Codebuch nach Rössler (2017). Die Festlegung der Kategorien erfolgte deduktiv, basierend auf einem vorab festgelegten Kategorienset, das auf einer Literaturrecherche beruht (siehe Tabelle 1). Die Ausprägungen der Kategorien wurden induktiv festgelegt, basierend auf den in der systematischen Literaturrecherche (SLR) gefundenen Informationen.

Tabelle 1: Codebook für die integrative Inhaltsanalyse nach Rössler (2017)

Kategorie	Ausprägung	Erklärung	Quelle
Produktionsrichtung	Pflanzenproduktion Tierproduktion übergreifend (Betriebe mit Tier – und Pflanzenproduktion, sowie Obstbau)	Forschungskontext der betrachteten Studien	
Nachhaltigkeitsfokus	Sozial Ökonomisch Ökologisch	Hauptdimensionen der nachhaltigen Landwirtschaft	Bathaei und Streimikienė (2023)
Indikator	Bezeichnung durch Autor der jeweiligen Studie	charakterisiert ein bewertbares Ziel, setzt sich aus Parametern zusammen	Meyer und Priefer (2021)
Parameter		Größen oder Werte, die zur Charakterisierung eines Indikators verwendet werden	
Kennzahlen	Berechnung nach Angabe durch Autor oder allgemeingültig	verdichtete betriebliche Zahlen, die zur Messung und Bewertung von Parametern verwendet werden	
Datenquellen	Ackerschlagkartei Arbeitszeiterfassung Betriebsdaten (Stammdaten) Buchführung Düngebedarfsermittlung Energiedaten (Versorger) Lohnsteuer (Finanzamt) HIT-Datenbank Satellitenbilder	Softwarelösungen, die durch bestehende Dokumentationspflichten in verschiedenen EU-Mitgliedsstaaten bereits digitale Daten liefern	Doluschitz et al. (2009); Meyer und Priefer (2021)

Quelle: Eigene Darstellung, 2024.

Abschließend ordneten wir die Indikatoren den entsprechenden Kategorien wie im folgenden Beispiel zu:

- Produktionsrichtung: Tierhaltung
- Nachhaltigkeitsfokus: Ökologisch
- Indikator: Energieeinsatz
- Parameter: Strom und Diesel für Betrieb (Stall, Feld)
- Kennzahl: MJ/kg Zuwachs (Tier)
- Datenquellen: Energiedaten, Buchführung, HIT Datenbank

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche

Wir haben 21 Studien identifiziert, die unseren Kriterien entsprechen und Indikatoren zur quantitativen Messung der Nachhaltigkeit auf Betriebsebene beinhalten. Die Datengrundlagen sind vielfältig: sieben Studien nutzen Experteninterviews, sieben Studien verwenden betriebliche Daten und acht Studien greifen auf eine EU-Datenbasis zurück. Bezüglich der Produktionsrichtung konzentrieren sich acht Studien auf die Pflanzenproduktion, fünf auf die Tierhaltung und neun haben einen übergreifenden Ansatz. Dieser übergreifende Ansatz bedeutet, dass die Studien mehrere Produktionszweige untersuchen, zum Beispiel Betriebe mit sowohl Tier- als auch Pflanzenproduktion oder auch zusätzlichen Betriebszweigen wie Obstanbau. Eine Studie hat einen globalen Fokus, drei beziehen sich auf die gesamte EU und 18 konzentrieren sich auf Einzelländer oder Ländergruppen innerhalb der EU bzw. der Schweiz. Folgende Länder waren in den untersuchten Studien vertreten: Italien, Frankreich, Litauen, Spanien, Schweden, Irland, UK,

Deutschland, Niederlande, Polen, Finnland, Österreich und die Schweiz.

3.2 Ergebnisse der integrativen Inhaltsanalyse

Die folgenden Darstellungen erläutern die Ergebnisse der integrativen Inhaltsanalyse zur Identifikation und Kategorisierung von Nachhaltigkeitsindikatoren. Dabei wurden die 149 identifizierten Indikatoren nach Produktionsrichtung differenziert. Die Klassifizierung der Indikatoren wurde von den jeweiligen Quellen übernommen, um den Kontext ihrer Verwendung zu zeigen, da Produktionsrichtungen spezifische Herausforderungen und Prioritäten aufweisen, wie z.B. die unterschiedliche Datenerhebung in Außen- und Innenwirtschaft. Indikatoren mit identischer Formel wurden konsolidiert, sodass mehrere Literaturstellen pro Indikator genannt werden. Die Parameter und Kennzahlen werden aus Platzgründen nicht aufgeführt.

Die folgenden Tabellen verdeutlichen die Bandbreite von Indikatoren und deren Anwendung in unterschiedlichen Studienkontexten. Tabelle 2 zeigt alle 18 aus der Literaturanalyse hervorgegangenen Indikatoren zur sozialen Nachhaltigkeit. Die Studienergebnisse im Bereich der Tierhaltung sind besonders ausgeprägt und zeigen ein breites Spektrum an möglichen Datenquellen.

In Tabelle 3 sind die 40 aus der Literaturanalyse hervorgegangenen Indikatoren zur ökologischen Nachhaltigkeit dargestellt. Die Datenquellen bei diesem Nachhaltigkeitsfokus sind sehr heterogen, dies spiegelt die Vielfalt und Komplexität der Datenerhebung wider. Die Indikatoren zur ökologischen Nachhaltigkeit stammen vornehmlich aus Studien mit übergreifendem Produktionsfokus, dies weist auf die breite Anwendbarkeit dieser Indikatoren hin.

Tabelle 2: Indikatoren sozialer Nachhaltigkeit mit möglichen Datenquellen aus Studien zur Tierhaltung, *Pflanzenerzeugung sowie **übergreifender Produktionsrichtungen

Indikator	Datenquelle	Studie
Versorgung mit Rohstoffen	Ertragsdaten	Craheix et al. (2016)
Beitrag zur Beschäftigung	Arbeitszeiterfassung	
Risiko durch Pflanzenschutzmittelgebrauch	Pflanzenschutzdokumentation	
Gesamte jährliche Arbeitseinheit	Arbeitszeiterfassung	Díaz-Gaona et al. (2021)
Eventuelle jährliche Arbeitseinheit		
Feste jährliche Arbeitseinheit		
Familienarbeitskräfte	Buchführung	
Jährliche Familien Arbeitseinheit		
Anzahl der Arbeitsplätze		
Arbeitsbelastung von Landwirt*innen	Arbeitszeiterfassung	Micha et al. (2017) Ryan et al. (2016)
Länge des Arbeitstages	Arbeitszeiterfassung	(Reseau d'Agriculture Durable, 2001; González, 2001; Murillo et al., 2004; Vilain, 2008; El Aich and Waterhouse, 1999; Mas de Noguera, (2003); in Ruiz et al. (2009)
Teilnahme an sozialen Aktivitäten	Buchführung	
Zusammenarbeit mit anderen Landwirt*innen		
Schaffung von Arbeitsplätzen	Arbeitszeiterfassung	
Kontinuität der Tätigkeit	Sammelantrag	
Nachhaltigkeitsindikator der Arbeitsbelastung	Arbeitszeiterfassung	Umstätter et al. (2022)
zeitlicher Arbeitsaufwand**	Arbeitszeiterfassung	Roesch et al. (2021)
Durchschnittslohn von Angestellten*	Buchführung	Talukder et al. (2020)

Quelle: Eigene Darstellung, 2024.

Tabelle 3: Indikatoren ökologischer Nachhaltigkeit inkl. möglicher Datenquellen aus Studien zur Tierhaltung *Pflanzenerzeugung sowie **übergreifender Produktionsrichtung.

Indikator	Datenquelle	Studie
Energieeinsatz	Energiedaten Buchführung HIT Datenbank	Eriksson et al. (2005)
Stickstoffbilanz pro Betrieb	Düngebedarfsermittlung, Nährstoffbestimmung	Micha et al. (2017)
Nicht gepflühtes Ackerland	Ackerschlagkartei Satellitenbilder	Ruckli et al. (2022)
Umwandlung von Dauergrünland in Ackerland	Sammelantrag Satellitenbilder	
Ökologische Ausgleichsfläche		
Waldfläche auf dem Betrieb		
Landnutzung	Buchführung	
Energie-Dichte*	Energiedaten	Andrejovská und Glova (2022)
Energieertragsverhältnis*		Bastianoni et al. (2001)
Umweltbelastungsverhältnis*	Buchführung	
Kationenaustauschkapazität*	Düngebedarfsermittlung	Schiefer et al. (2015)
Boden-pH-Wert*	Düngebedarfsermittlung	

Effizienz nicht erneuerbarer Energie (NREE)*	Energiedaten	Talukder et al. (2020)		
Gesamtenergieeffizienz (GEE)*				
Proteinерtrag aus Agroökosystemen (PEA)*		Craheix et al. (2016)		
Energieeffizienz*				
Düngemittelverbrauch**	Pflanzenschutzdokumentation Buchführung	Andrejovská und Glova (2022)		
Energiebilanz**	Energiedaten	Pretty (2008)		
Schädlingsbekämpfung**	Pflanzenschutzdokumentation			
Bodenverlust**	Sammelantrag			
Nicht erneuerbare Energiequellen**	Energiedaten	Roesch et al. (2021)		
Emissionen aus Kraftstoff und Strom**	Energiedaten	Ryan et al. (2016) Micha et al. (2017)		
Ackerland**	Sammelantrag	Sporysz et al. (2020)		
Futter**				
Getreide**				
Obstgärten und Plantagen**				
Wurzelgemüse**				
Eingeführtes K**				Düngebedarfsermittlung Buchführung
Eingeführtes N**				
Eingeführtes OM**				
Eingeführtes P**				
Dauergrünland**	Sammelantrag	Sporysz et al. (2020)	Andrejovská und Glova (2022); Vitunskiene und Dabkiene (2016)	
Viehichte**	HIT Sammelantrag	Streimikis und Baležentis (2020)		
Fläche unter ökologischem Landbau**	Sammelantrag	Streimikis und Baležentis (2020)		
Kohlenstoffintensität des Endenergieverbrauchs in der Landwirtschaft**	Energiedaten			
Anteil erneuerbarer Energiequellen am Endenergieverbrauch in der Landwirtschaft**				
Gesamte THG-Emissionen**	Buchführung	Vitunskiene und Dabkiene (2016)		
Energieintensität**				
Verwendung von chemischen Düngemitteln**				
Verwendung von Pestiziden**				

Quelle: Eigene Darstellung, 2024.

Tabellen 4, 5 und 6 präsentieren alle 91 Indikatoren zur ökonomischen Nachhaltigkeit aus der Literaturanalyse, unterteilt nach Produktionsfokus der Studien.

Tabelle 4: Darstellung von Indikatoren ökonomischer Nachhaltigkeit inkl. möglicher Datenquellen aus Studien mit dem Fokus der Tierhaltung

Indikator	Datenquelle	Studie	
Gesamtbestandeszahl	HIT	Díaz-Gaona et al. (2021)	
Abhängigkeit von externen Inputs	Buchführung		
Erwirtschaftetes Anlagekapital			
Infrastruktur des Anlagekapitals			
Bruttoproduktion			
Nettowertschöpfung			
Betriebsrentabilität			
Geringe Kapazität zur Erneuerung oder Anschaffung von Vermögenswerten			
Nettobetriebsüberschuss			Gaspar et al. (2009)
Maschinen des Anlagekapitals			
Grundstücke des Anlagekapitals			
Abhängigkeit von Subventionen			
Deckungsbeitrag über Futterkosten pro Mastferkel			Malak-Rawlikowska et al. (2021)
Deckungsbeitrag über Futterkosten pro Zuchtsau			
Deckungsbeitrag über nicht-faktorielle Kosten pro Mastferkel			
Deckungsbeitrag über nicht-faktorielle Kosten pro Zuchtsau			
Anzahl der Mastferkel pro Arbeitskraft und Jahr			
Anzahl der Zuchtsauen pro Arbeitskraft und Jahr			
Produktion von Schweinefleisch			
Produktionskosten ohne Faktorkosten pro kg Schweinefleisch			
Tierarztkosten pro Mastferkel			
Tierarztkosten pro Zuchtsau			
Futtermittelnutzung der Mastferkel	Ruckli et al. (2022)		
Anzahl der abgesetzten Ferkel pro Zuchtsau und Jahr			
Prozentsatz des gepachteten Landes			
Prozentsatz der Familienarbeit	Arbeitszeiterfassung		
Sterblichkeitsrate der Mastferkel	HIT		
Sterblichkeitsrate nach dem Absetzen			
Sterblichkeitsrate der Zuchtsauen			
Finanzielle Effizienz 1	Buchführung	Zorn et al. (2018)	
Liquidität 1,2,4			
Stabilität 3			
Finanzielle Effizienz 3			
Nettoeinkommen des Betriebs			
Rentabilität 1,2,3,4,5			
Betriebskostenquote			
Tilgungsfähigkeit			

Quelle: Eigene Darstellung, 2024.

Auch die Indikatoren mit ökonomischem Nachhaltigkeitsfokus stammen hauptsächlich aus Studien mit übergreifender Produktionsrichtung.

Tabelle 5: Indikatoren ökonomischer Nachhaltigkeit inkl. möglicher Datenquellen aus Studien mit übergreifender Produktionsrichtung

Indikator	Datenquelle	Studie
EC1, EC2	Buchführung	Andrejovská und Glova (2022)
FNI		
FNVA		
Subventionsintensität		
Gehälter Angestellte		
TAXES	Finanzamt	
Zuchtvieh Anlagevermögen	Buchführung	Gaspar et al. (2009)
Gebäude Anlagevermögen		
Bruttoertrag		
Netto-Unternehmensgewinn		
Sonstige Verkäufe		
Anteil des eigenen Flächen		
Lokale Wirtschaft		Pretty (2008)
Stabilität 1, 2		Zorn et al. (2018)
Liquidität		
Einkommen pro Familienarbeitseinheit		Roesch et al. (2021)
Kapitalrendite		
Marktorientierung		
Rentabilität		
Einsatz von Arbeitskräften		Arbeitszeiterfassung
Brutto-Endproduktion	Buchführung	Ryan et al. (2016)
Produktionskosten		
Wiederbeschaffungswert von Gebäuden		
Wiederbeschaffungswert von Maschinen		
Landwirtschaftliches Faktoreinkommen		Streimikis und Baležentis (2020)
Kapitalproduktivität		
Betriebsdiversifizierung	Lohnsteuer	Vitunskiene und Dabkiene (2016)
Risikomanagement im Betrieb	Buchführung	Vitunskiene und Dabkiene (2016); Andrejovská und Glova (2022)
Anlageinvestitionen		
Betriebseinkommen		

Quelle: Eigene Darstellung, 2024.

Die ökonomischen Indikatoren gehen auf eine geringe Anzahl von Datenquellen zurück. Im Bereich der Pflanzenerzeugung beschränkt es sich hier auf die Daten der Buchführung.

Tabelle 6: Indikatoren ökonomischer Nachhaltigkeit inkl. möglicher Datenquellen aus Studien mit dem Fokus der Pflanzenerzeugung

Indikator	Datenquelle	Studie
Wirtschaftliche Effizienz	Buchführung	Craheix et al. (2016)
Halbe Nettomarge		
Subventionsunabhängigkeit		
Kapitalproduktivität		Dabkiene (2019)
Betriebsdiversifizierung		
Risikomanagement im Betrieb		
Anlageinvestitionen		
Einkommensabhängigkeit von Subventionen		
Solvabilität		Micha et al. (2017)
Arbeitsproduktivität		
Flächenproduktivität		Talukder et al. (2020)
Geldinput und -output im Agrarökosystem		
Nettoeinkommen aus dem Agrarökosystem		
Gewichteter Ertrag der Ernte		

Quelle: Eigene Darstellung, 2024.

4. Diskussion

Im Unterschied zu anderen Arbeiten, die bereits Indikatoren auf landwirtschaftlicher Betriebsebene identifizierten, haben wir nur quantifizierbare Indikatoren auf Basis digital erfassbarer Primärdaten berücksichtigt. Diese Fokussierung vereinfacht die Anwendbarkeit unserer Ergebnisse in verschiedenen landwirtschaftlichen Kontexten. Unsere systematische Literaturanalyse, basierend auf einer Vielzahl von Datenbanken, stellt eine umfassende und robuste Datengrundlage sicher. Allerdings bergen die Beschränkung auf Open-Access-Ressourcen und spezifische Query-Formulierungen das Risiko, dass relevante Studien ausgeschlossen wurden. Die Entscheidung für Open-Access-Ressourcen wurde getroffen, da dies heutzutage Standard ist und die Fragestellungen aktuelle Literatur adressieren. Der Search String wurde so gewählt, dass gleiche Anforderungen an alle Datenbanken bezüglich der Qualität und Relevanz der gefundenen Literatur gestellt wurden. Dennoch weist dieses Vorgehen Defizite in der Strukturierung der Query auf. Obwohl wir einen iterativen Ansatz zur Optimierung des Search Strings verfolgt haben, konnten mögliche Variationen von Schlüsselbegriffen, wie z.B. „agriculture“ und „agricultural“, nicht umfassend berücksichtigt werden. Die Verwendung eines Wildcards-Zeichens, wie „*“, hätte die Suche erweitert, um Variationen eines Begriffs abzudecken (z.B. „agriculture“ für sowohl „agriculture“ als auch „agricultural“). Darüber hinaus sollten auch Keywords und Abstracts bei der Datenbankabfrage berücksichtigt werden. Diese umfassendere Suche könnte die Ergebnisse der Literaturrecherche beeinflussen und weitere relevante Studien identifizieren. Diese Anpassungen würden die Robustheit der Literaturanalyse

erhöhen und könnten dazu beitragen, die Ergebnisse noch repräsentativer zu gestalten.

Die ermittelten Indikatoren decken viele Nachhaltigkeitsaspekte ab, wie Energieverbrauch, Stickstoffbilanz und Rentabilität, die direkt mit den Umweltzielen der EU-Taxonomie verknüpft sind (EU, 2020). Die Indikatoren bieten messbare Kriterien für die Nachhaltigkeitsbewertung und erleichtern es landwirtschaftlichen Betrieben, ihre Nachhaltigkeitsleistung transparent darzustellen und sich für nachhaltige Investitionen zu qualifizieren.

Unsere Analyse zeigt eine auffällige Dominanz ökonomischer Indikatoren, was mit den Beobachtungen von Pacini et al. (2003) und Rigby et al. (2001) übereinstimmt, die betonen, dass ökonomische Aspekte oft im Vordergrund stehen. Diese Dominanz ist darauf zurückzuführen, dass ökonomische Daten häufig bereits digital verfügbar und leicht messbar sind. Im Gegensatz dazu ist die digitale Messbarkeit ökologischer Effekte noch eingeschränkt, was dazu führt, dass häufig auf übergreifende Indikatoren zurückgegriffen wird, von denen Effekte auf die Ökologie erwartet werden. Die Messung sozialer Nachhaltigkeit anhand quantitativer digitaler Daten ist ebenfalls unterrepräsentiert, was auch von Vancley (2003) festgestellt wurde. Dies liegt daran, dass soziale Aspekte meist qualitative Erhebungsmethoden erfordern, die schwer digital zu erfassen sind. Unsere Ergebnisse bestätigen die Herausforderung und zeigen, dass weitere Forschung notwendig ist, um soziale Indikatoren besser quantifizierbar und digital messbar zu machen.

Die Fokussierung auf Studien mit Bottom-Up-Ansatz hat sich als praxisnahe Herangehensweise bewährt. Die regionale und produktionstechnische Verteilung der Studien führte zur Identifikation von Indikatoren mit hoher Umsetzbarkeit

in der Nachhaltigkeitsbewertung der Landwirtschaft, was sich in den Ergebnissen von Binder et al. (2002) widerspiegelt und an den potenziell nutzbaren Datenquellen zeigt.

5. Schlussfolgerung

Unsere Studie identifizierte zahlreiche quantifizierbare Indikatoren zur digitalen Messung der Nachhaltigkeit in den Bereichen Ökonomie, Ökologie und Soziales auf landwirtschaftlicher Betriebsebene. Besonders zahlreich sind die ökonomischen Indikatoren, da sie aufgrund ihrer digitalen Messbarkeit den Aufwand verringern und die Vergleichbarkeit erleichtern. Auch ökologische Indikatoren können quantifiziert werden, jedoch überschneiden sich die Datenquellen oft mit ökonomischen Datenquellen (z.B. Buchführungsdaten). Dies kann eine Herausforderung sein, wenn ökologische Effekte nicht belegt werden können, da die Taxonomie-Verordnung der EU erstmals Vorgaben zur Messung der ökologischen Nachhaltigkeit macht. Indikatoren zur ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeit bieten dennoch eine wichtige Ergänzung, da sie die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit von Betrieben in Zeiten der Klimawandelanpassung bewerten und alle drei Nachhaltigkeitsdimensionen der Taxonomie berücksichtigen.

Die Praktikabilität der in dieser Studie verwendeten Indikatoren liegt in ihrer Fähigkeit, verschiedene Nachhaltigkeitsaspekte zu erfassen. Dennoch sollten sie unter unterschiedlichen betrieblichen und regionalen Rahmenbedingungen betrachtet werden, um ihre Relevanz und Genauigkeit zu gewährleisten. Regionale Unterschiede und betriebliche Kontexte können die Aussagekraft, Anwendung und Interpretation der Indikatoren beeinflussen. Daher ist es entscheidend, die spezifischen Bedingungen und Herausforderungen jedes Betriebs zu berücksichtigen. Um die Vergleichbarkeit der Indikatoren sicherzustellen, sind standardisierte Methoden und Protokolle für die Datenerhebung und -analyse notwendig. Dies kann durch die Integration digitaler Datenquellen und die Verwendung einheitlicher Messgrößen erreicht werden. Dadurch sind viele Indikatoren, obwohl sie für spezifische Produktionsrichtungen entwickelt wurden, potenziell auch in anderen Bereichen anwendbar. Eine Übertragbarkeit der Indikatoren zwischen den Ländern der EU ist ebenfalls denkbar, da sie auf betriebsüblichen Datenquellen basieren.

Zukünftige Studien sollten die Anwendbarkeit der Indikatoren in verschiedenen regionalen und betrieblichen Kontexten weiter überprüfen und die Integration digitaler Datenquellen untersuchen, um die Erhebung und Nutzung der Indikatoren zu verbessern, insbesondere im Bereich der ökologischen Nachhaltigkeit.

Danksagung

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages.

Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Förderung der Digitalisierung in der Landwirtschaft mit dem Förderkennzeichen 28DE107A18.

Literatur

- Andrejovská, A. und Glova, J. (2022) Sustainability of Farms in EU Countries in the Context of Income Indicators: Regression Analysis Based on a New Classification. *Agriculture (Basel)* 12, 11, 1884. <https://doi.org/10.3390/agriculture12111884>.
- Bastianoni, S., Marchettini, N., Panzieri, M. und Tiezzi, E. (2001) Sustainability assessment of a farm in the Chianti area (Italy). *Journal of Cleaner Production* 9, 4, 365–373. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(00\)00079-2](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(00)00079-2).
- Bathaei, A. und Štreimikienė, D. (2023) A Systematic Review of Agricultural Sustainability Indicators. *Agriculture (Basel)* 13, 2, 241. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020241>.
- Binder, C. R., Feola, G., und Steinberger, J. K. (2010) Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. *Environmental Impact Assessment Review*, 30, 2, 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.06.002>.
- Bundesregierung (2023) Fortschritt durch Datennutzung. Strategie für mehr und bessere Daten für neue, effektive und zukunftsweisende Datennutzung. Berlin.
- Bundestag (2022) Auswirkungen der Taxonomie-Verordnung auf die Agrar- und Ernährungswirtschaft in Deutschland. Drucksache 20/3185. Berlin.
- Chopin, P., Mubaya, Chipu P., Descheemaeker, K., Öborn, I. und Bergkvist, G. (2021) Avenues for improving farming sustainability assessment with upgraded tools, sustainability framing and indicators. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 41, 2, 19. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00674-3>.
- Coteur, I., Marchand, F., Debryne, L., Dalemans, F. und Lauwers, L. (2016) A framework for guiding sustainability assessment and on-farm strategic decision making. *Environmental Impact Assessment Review* 60, 1, 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.04.003>.
- Craheix, D., Angevin, F., Doré, T. und Tourdonnet, S. de (2016) Using a multicriteria assessment model to evaluate the sustainability of conservation agriculture at the cropping system level in France. *European Journal of Agronomy* 76, 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.02.002>.
- Dabkiene, V. (2019) Lithuanian family farm economic sustainability: Does the indicator matter? Annual 25th international scientific conference proceedings “Research for rural development 2019”, 202–209. <https://doi.org/10.22616/rrd.25.2019.070>.
- DBIS (2023) DATENBANK-INFOSYSTEM (DBIS). Gesamtbestand in DBIS. <https://dbis.ur.de/fachliste.php?lett=l> (11.11.23).

- DESTATIS (Statistisches Bundesamt) (2021) Projektbericht Hofarbeit statt Schreibtischzeit.
- Díaz-Gaona, C.; Sánchez-Rodríguez, M.; Rodríguez-Estévez, V. (2021) Assessment of the Sustainability of Extensive Livestock Farms on the Common Grasslands of the Natural Park Sierra de Grazalema. *Sustainability*, 13, 4, 1818. <https://doi.org/10.3390/su13041818>.
- Diogo, V., Helfenstein, J., Mohr, F., Varghese, V., Debonne, N., Levers, C. Swart, R., Sonderegger, G., Nemecek, T., Schader, C., Walter, A., Ziv, G., Herzog, F., Verburg, P. H. und Bürgi, M. (2022) Developing context-specific frameworks for integrated sustainability assessment of agricultural intensity change: An application for Europe. *Environmental Science & Policy* 137, 128–142. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.08.014>.
- Doluschitz, R., Zapf, R., Schultheiß, U. (2009) Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe – Einordnung und Stärken-Schwächenanalyse von Bewertungssystemen. *Berichte über Landwirtschaft*, 87, 353–544. Artikel ISSN 0005-9080.
- Eriksson, I., Elmquist, H. und Nybrant, T. (2005) SALSA: A Simulation Tool to Assess Ecological Sustainability of Agricultural Production. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 34, 4, 388–392. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-34.4.388>.
- EU (2020): VERORDNUNG (EU) 2020/852 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088. Brüssel.
- Fink, A. (2020) Conducting research literature reviews. From the Internet to paper. 5. Auflage. Los Angeles: SAGE.
- Früh, W. (2015) Inhaltsanalyse. Theorie und Praxis. 8., überarbeitete Auflage. Konstanz, München: UVK Verlagsgesellschaft mbH.
- Gaspar, P., Mesías, F. J., Escribano, M. und Pulido, F. (2009) Sustainability in Spanish Extensive Farms (Dehesas): An Economic and Management Indicator-Based Evaluation. *Rangeland Ecology and Management* 62, 2, 153–162. <https://doi.org/10.2111/07-135.1>.
- Lay-Kumar, J. (2023) EU-Nachhaltigkeitsberichterstattung. Bericht zum Runden Tisch des BMEL, Bonn.
- Malak-Rawlikowska, A., Gębska, M., Hoste, R., Leeb, C.; Montanari, C., Wallace, M. und Roest, K. de (2021) Developing a methodology for aggregated assessment of the economic sustainability of pig farms. *Energies*, 14, 6, 1760. <https://doi.org/10.3390/en14061760>.
- Meyer, R. und Priefer, C. (2021) Nachhaltigkeitsbewertung landwirtschaftlicher Systeme – Herausforderungen und Perspektiven. Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.
- Micha, E., Heanue, K., Hyland, J. J., Hennessy, T., Dillon, E. J. und Buckley, C. (2017) Sustainability levels in Irish dairy farming: a farm typology according to sustainable performance indicators. *Studies in agricultural economics*. <https://doi.org/10.7896/j.1706>.
- Moldan, B., Janoušková, S. und Hák, T. (2012) How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators* 17, 4–13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033>.
- Pacini, C., Wossink, A., Giesen, G., Vazzana, C., und Hurirne, R. (2003) Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 95, 1, 273–288. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00091-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00091-9).
- Pretty, J. (2008) Multi-year assessment of Unilever’s progress towards agricultural sustainability I: indicators, methodology and pilot farm results. *International Journal of Agricultural Sustainability* 6, 1, 37–62. <https://doi.org/10.3763/ijas.2007.0322>.
- Rigby, D., Woodhouse, P., Young, T., & Burton, M. (2001) Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice. *Ecological Economics*, 39, 3, 463–478. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00245-2](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00245-2).
- Roesch, A., Nyfeler-Brunner, A. und Gaillard, G. (2021) Sustainability assessment of farms using SALCASustainable methodology. *Sustainable Production and Consumption* 27, 1392–1405. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.022>.
- Rössler, P. (2017) Inhaltsanalyse. 3. überarbeitete Auflage., Konstanz, München: UVK Verlagsgesellschaft mbH.
- Ruckli, A. K., Hörtenhuber, S. J., Ferrari, P., Guy, J., Helmerichs, J., Hoste, R., Hubbard, C.; Kasperczyk, N., Leeb, C., Malak-Rawlikowska, A., Valros, A. und Dippel, S. (2022) Integrative Sustainability Analysis of European Pig Farms: Development of a Multi-Criteria Assessment Tool. *Sustainability*, 14 (10), 5988. <https://doi.org/10.3390/su14105988>.
- Ruiz, F. A., Mena, Y., Sayadi, S., Castel, J.-M., Navarro, L. und Nahed, J. (2009) Social Indicators for evaluating sustainability of goat livestock farms methodological approach. *Tropical and subtropical agroecosystems* 11, 1, 65–68.
- Ryan, M., Buckley, C., Dillon, E. J., Donnellan, T., Hanrahan, K., Hennessy, T. und Moran, B. (2016) The development of farm-level sustainability indicators for Ireland using the Teagasc National Farm Survey. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 55, 2, 112–125. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.170501>.
- Schiefer, J., Lair, G. J. und Blum, W. E. H. (2015) Indicators for the definition of land quality as a basis for the sustainable intensification of agricultural production. *International Soil and Water Conservation Research* 3, 1, 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.03.003>.
- Sporysz, M., Szczuka, M., Tabor, S., Molenda, K. und Kuboń, M. (2020) Cluster Analysis in Assessment of Organic Farms Sustainability. Part II Results of Research. *Agricultural Engineering (Inżynieria Rolnicza)* 24, 1, 79–89. <https://doi.org/10.1515/agriceng-2020-0008>.

- Streimikis, J. und Baležentis, T. (2020) Agricultural sustainability assessment framework integrating sustainable development goals and interlinked priorities of environmental, climate and agriculture policies. *Sustainable Development* 28, 6, 1702–1712. <https://doi.org/10.1002/sd.2118>.
- Talukder, B., Blay-Palmer, A., van Loon, G. W. und Hipel, K. W. (2020) Towards complexity of agricultural sustainability assessment: Main issues and concerns. *Environmental and Sustainability Indicators* 6, 100038. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100038>.
- Umstätter, C., Mann, S. und Werner, J. (2022) A simple measure for workload as a social sustainability indicator for family farms. *Environmental and Sustainability Indicators* 14, 100180. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100180>.
- Vanclay, F. (2003) International principles for social impact assessment. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 21, 1, 5–12. <https://doi.org/10.3152/147154603781766491>
- Vitunskiene, V. und Dabkiene, V. (2016) Framework for assessing the farm relative sustainability: A Lithuanian case study. *Agricultural Economics* 62, 3, 134–148. <https://doi.org/10.17221/125/2015-AGRICECON>.
- Zorn, A., Esteves, Michele, Baur, I. und Lips, M. (2018) Financial Ratios as Indicators of Economic Sustainability: A Quantitative Analysis for Swiss Dairy Farms. *Sustainability*, 10, 8, 2942. <https://doi.org/10.3390/su10082942>.