

Die Nachhaltigkeit digitaler Technologien in der Landwirtschaft: Ein Literaturüberblick zur Anwendung von Life Cycle Sustainability Assessments

Louisa von Plettenberg¹, Verena Otter²

Abstract: Der Einsatz von Digitalisierung ist einer der Megatrends und verspricht nachhaltigeres Wirtschaften in der Landwirtschaft. In welchem Maße digitale Technologien jedoch zu mehr Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft beitragen, ist nicht bekannt. Daher stellt sich die Frage nach den tatsächlichen Auswirkungen der Digitalisierung auf die Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Prozesse. Einen methodischen Ansatz zur Beantwortung dieser Frage, bietet das Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA). Auf Basis einer ausführlichen Literaturrecherche liefert dieser Beitrag einen ersten Überblick über den Status quo in der Anwendung des LCSA zur Nachhaltigkeitsbewertung der Digitalisierung in der Landwirtschaft. Dabei werden mögliche Herausforderungen in der Anwendung von Konzept und Methodik dargestellt. Die Ergebnisse des Beitrags verdeutlichen das erhebliche empirische und konzeptionelle Forschungspotential dieser Thematik.

Keywords: Digitalisierung, Life Cycle Assessment, Nachhaltigkeit, LCSA, SLCA, LCC, LCA

1 Einleitung

Die Digitalisierung gewinnt in der Landwirtschaft u.a. in Form von autonomen Fahrzeugen, Drohnen und Robotern zunehmend an Bedeutung [Bi20]. Dabei wird unterstellt, dass diese einen wesentlichen Beitrag leistet, den Anforderungen an Umwelt- und Verbraucherschutz sowie Tierwohl gerecht zu werden und somit effizient und nachhaltig zu wirtschaften [Zh21]. Letzteres ist jedoch schwer zu beurteilen, da digitale Technologien, wie Robotik, in der Lebensmittelproduktion eher langsam Einzug finden [He20; De18]. Somit stellt sich die Frage nach den tatsächlichen Auswirkungen der Digitalisierung auf die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft. In der bestehenden wissenschaftlichen Literatur wird das Thema vermehrt aufgegriffen und diskutiert. Jedoch werden nur vereinzelte Erkenntnisse zu direkten und indirekten Nachhaltigkeitseffekten von Digitalisierung im Allgemeinen gesammelt und Teilaspekte anhand von Fallbeispielen behandelt. So konzentrierten sich bisherige Studien bspw. auf die gesellschaftliche Akzeptanz sowie wirtschaftliche Aspekte und allgemein den Einsatz von Digitalisierung in der Landwirtschaft [NK21; KJL19; Sm18; SG18]. Einen methodischen Ansatz, die drei Säulen der Nachhaltigkeit

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, Louisa.plettenberg@uni-goettingen.de,

² Wageningen University, Business Management & Organisation Group, Hollandseweg 1, 6706 KN Wageningen, verena.otter@wur.nl

ganzheitlich zu betrachten, bietet das Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) [KR07]. Dabei werden sowohl Produktionsverfahren als auch Produkte unter Berücksichtigung bestimmter Faktoren hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit bewertet [KR07]. Die drei Nachhaltigkeitssäulen werden in insgesamt drei aufeinander abgestimmten Analysen beurteilt. Life Cycle Assessment (LCA), Life Cycle Costing (LCC) und Social Life Cycle Assessment (SLCA). Das LCA ist ein standardisiertes Bewertungsverfahren, um die Umweltauswirkungen (z.B. CO₂-Ausstoß) bzw. anfallende Stoff- und Energieströme eines Produktes oder eines Produktionsverfahrens zu erfassen. Das LCC umfasst eine ökonomische Bewertung aller im Laufe eines Produktlebenszyklus anfallenden Kosten. Der Ansatz des SLCA wird oftmals analog zum LCA durchgeführt, allerdings fließen hier andere Indikatoren in die Bilanzierung mit ein. Es geht hierbei um die „produktbezogene Sozialbilanz“ [KR07; Un20].

Inwiefern der Ansatz des LCSA bereits in der Landwirtschaft im Allgemeinen und der Bewertung digitaler Technologien in der Landwirtschaft im Speziellen Anwendung findet, ist nicht bekannt. Daher ist es Ziel dieses Beitrages, einen Überblick über den Status quo in der Anwendung von LCSA zur Nachhaltigkeitsbewertung der Digitalisierung in der Landwirtschaft zu geben und mögliche Herausforderungen in der Anwendung dessen darzustellen. Auf Basis einer Literaturrecherche finden sich ein aggregierter Literaturüberblick zu dem bisherigen Forschungsstand sowie Implikationen für weiterführende Forschung

2 Literaturrecherche

Angesichts des Ziels des vorliegenden Beitrags wurden Literaturdatenbanken sowie Suchmaschinen (Google Scholar, Web of Science, Journale) nach wissenschaftlichen Veröffentlichungen durchsucht. Grundlegend erfolgte die Literaturrecherche auf Basis folgender Suchbegriffe und Kombinationen, sowohl in englischer als auch in deutscher Sprache: *Life Cycle Assessment, LCA, LCC, LCSA, SLCA, agriculture, digitalization, technology, sustainability assessment, Digitalisierung, Landwirtschaft, Nachhaltigkeitsbewertung*. Anhand der zugehörigen Abstracts wurden geeignete Artikel ausgewählt und mittels Tabelle 1 systematisiert. Dabei wurde vornehmlich nach den drei Nachhaltigkeitssäulen sowie dem Bezug zur Landwirtschaft und Digitalisierung selektiert. Literaturangaben, welche nicht über die Suchbegriffe gefunden wurden, konnten anhand bereits ausgewählter Beiträge identifiziert werden.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Anwendung des LCSA allgemein ist im Agrarbereich und insbesondere in der Bewertung der Digitalisierung kaum oder gar nicht verbreitet und die Literaturbasis dadurch sehr fragmentiert. Es wird deutlich, dass es eine umfassende Nachhaltigkeitsanalyse, d.h., die

simultane Betrachtung aller drei Säulen der Nachhaltigkeit im Rahmen des LCSA aus landwirtschaftlicher Perspektive nicht gibt. In Tabelle 1 sind zum einen Veröffentlichungen aufgelistet, die einen direkten sowie indirekten Bezug zum Agrarsektor haben sowie ein Instrument des LCSA thematisiert haben.

Referenz	Jahr	Bezug zur Nachhaltigkeit	Agrar-bezug	Digitalisierung	LCSA/Instrument
Valente et al-	2020	x	Indirekt	Ja	LCSA
Saidani et al.	2020	x	Ja	Ja	LCA, LCC
Dijkman et al.	2018	x	Ja	Nein	LCA
Notarnicola et al.	2017	x	Ja	Nein	LCA
De Olde et al.	2016	x	Ja	Nein	LCA, SLCA
Van den Werf	2002	x	Ja	Nein	LCA

Tabelle 1: LCSA basierte Studien im Agrarsektor

In Bezug auf die Bewertung der **ökologischen Nachhaltigkeit** hat sich in der Vergangenheit der Ansatz des LCA immer mehr in der Bewertung landwirtschaftlicher Wertschöpfungsstrukturen etabliert [Di18]. Dieser erfordert jedoch fortlaufende Verbesserungen hinsichtlich der Methodik. Die Autoren [No17] haben sich mit dem Einsatz des LCA in der Lebensmittelbranche beschäftigt. Als Kernergebnis werden zum einen die Herausforderungen hinsichtlich der Anwendung des LCA in der Lebensmittelproduktion genannt. Dabei werden vor allem auf die Komplexität der Lebensmittelproduktion sowie Heterogenität landwirtschaftlicher Systeme verwiesen. Letzteres ist u.a. auf verschiedene Bewirtschaftungspraktiken sowie Standortbedingungen zurückzuführen. Zum anderen verdeutlichen die Autoren die Unvollständigkeit der Methode. So werden bspw. Aspekte wie Tierwohl oder langfristige Messungen von Bodenqualität sowie Biodiversität nicht berücksichtigt. Dabei sind u.a. diese Aspekte hinsichtlich der Beurteilung der Nachhaltigkeit der Lebensmittelproduktion von hoher Bedeutung. In der Studie von [Di18] sind Fallbeispiele von Ökobilanzierungen landwirtschaftlicher Erzeugnisse aufgeführt. Hierbei werden konventionelle und ökologische Bewirtschaftungspraktiken miteinander verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass je nach Lebensmittel die herangezogenen Indikatoren, sog. „Environmental Impacts“, variieren und kein einheitliches Indikatorenset existiert. Des Weiteren verdeutlichen sie die Wichtigkeit der Festlegung der Systemgrenzen, um die Prozessschritte, welche in die Bilanzierung einfließen, klar abzutrennen. In der Untersuchung landwirtschaftlicher Wertschöpfungsketten (WSK) kommt es häufig nur zu „cradle to farm-gate“ Betrachtungen. Darüber hinaus beschreiben sie die Herausforderung fehlender Daten zur vollständigen Bewertung ökologischer Nachhaltigkeit. Zudem weisen [WP02] daraufhin, dass im Rahmen der ökologischen Nachhaltigkeitsbewertung eine Selektion von Indikatoren oftmals eine unzureichende Betrachtung wesentlicher Umweltwirkungen darstellt. Doch ist es auch nur schwer möglich, alle relevanten Messgrößen zu

betrachten und Aussagen über landwirtschaftliche Prozesse zu treffen. Hinzukommt, dass eine Vielzahl an Indikatoren die Durchführbarkeit der Methode in Frage stellt.

Die Literaturrecherche hat gezeigt, dass in der Bewertung der **ökonomischen Nachhaltigkeit** digitaler Technologien in der Landwirtschaft oftmals allgemeine, ökonomische Analysen (Kostenaufstellungen) durchgeführt werden, aber nicht im Speziellen das LCC Anwendung findet. Auch dabei besteht nach [La19] die Problematik fehlender Kostenanalysen von bspw. Robotersystemen in der Landwirtschaft. Somit basieren die Aussagen und Berechnungen meist auf Schätzwerten und nicht auf realer Datenbasis.

Im Laufe der Jahre ist die **soziale Nachhaltigkeit** von Produkten und Prozessen immer wichtiger geworden. Der Stand der Forschung bezüglich des SLCA in der Landwirtschaft ist wesentlich geringer als jener zum LCA [He14]. Die Herausforderung beim SLCA liegt vor allem an der großen Variation an Indikatoren und an der fehlenden Definition sozialer Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft [JM20]. Letzteres führt dazu, dass eine Vielfalt an Themen bei der Bewertung der sozialen Nachhaltigkeit berücksichtigt wird und kein einheitliches Rahmenwerk vorhanden ist. [He20] unterstreicht die Forschungslücke hinsichtlich der sozialen Nachhaltigkeit und weist zudem daraufhin, dass die Umsetzung und potentiellen Auswirkungen von Innovationen weiter untersucht werden müssen. Da sich der Ansatz des SLCA von Technologien gerade in der Entwicklungsphase befindet, können hier soziale Indikatoren aus sozioökonomischen Analysen abgeleitet werden. Bislang wird sich generell an den UNEP -Leitlinien [Un09] orientiert [Ha17]. [Va20] merkt zudem an, dass soziale Daten häufig schwer zu quantifizieren und zu messen sind.

Aus einer Studie von [Oll16] geht hervor, dass indikatorbasierende Instrumente zur Bewertung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft allgemein stark in ihrer Anwendungswiese variieren und teilweise nicht weit verbreitet sind. So waren nur zwei von 48 Instrumenten bspw. dem Ansatz des LCSA zuzuordnen. Der Bezug zur Digitalisierung in der Landwirtschaft wurde hierbei nicht hergestellt. [He20] hingegen betonen wie wichtig innovative Technologien für die nachhaltige Ausrichtung in der Lebensmittelproduktion sind. Dabei messen sie einem stakeholderübergreifenden Austausch hohe Bedeutung zu, um den Innovationsprozess zu beschleunigen und schließlich Nachhaltigkeitseffekte zu erzielen. Eine Nachhaltigkeitsanalyse im Speziellen wird hier jedoch nicht durchgeführt. Die unterstreicht den aktuellen Stand der Forschung bezüglich LCSA-basierte Studien zu digitalen Technologien in der Landwirtschaft.

4 Fazit

Die Ergebnisse des Beitrags verdeutlichen das erhebliche und konzeptionelle Forschungspotential der Thematik. Aus empirischer Sicht weisen landwirtschaftliche WSK häufig komplexe Strukturen auf, welche u.a. durch eine hohe Diversität an Stakeholdern gekennzeichnet sind. Dies unterstreicht die besondere Bedeutung von Multistakeholderansätzen

und Interdisziplinarität bei der empirischen Umsetzung ganzheitlicher Nachhaltigkeitsuntersuchungen innerhalb des Agribusiness im Allgemeinen und in Bezug auf die Digitalisierung der Landwirtschaft im Speziellen. Auch sollten die starke Heterogenität landwirtschaftlicher WSK, sowie der Aspekt des Tierwohls in Lebenszyklusanalysen bei der zukünftigen Anwendung von LCSA mehr Beachtung finden. Die Anwendung des LCC ist bisher nicht weit verbreitet, häufig aufgrund fehlender Datengrundlage. Konzeptionell ist bei der Bewertung sozialer Nachhaltigkeit zu berücksichtigen, dass hierzu keine eindeutige Definition in der Landwirtschaft vorliegt. Für weitere Forschung sollten somit vorab soziale Aspekte, die für den Untersuchungsgegenstand wichtig sind, erfasst und definiert werden. Insgesamt stellt sich bei der Methode des LCSA die Frage nach der Gewichtung und Vergleichbarkeit der Effekte der drei Säulen. Somit ist nicht bekannt, inwiefern sich die Nachhaltigkeitseffekte in ihrer Gewichtung unterscheiden oder ob sie alle zu gleichem Maße berücksichtigt werden. Ferner ist zu bedenken, dass die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der drei Assessments durch das Fehlen einer einheitlichen Bewertungseinheit und nicht einheitlicher Systemgrenzen beeinflusst wird. Sowohl der Frage nach der Gewichtung sowie einer kongruenten Bewertungseinheit, sollte in weiteren Forschungen nachgegangen werden. In weiteren Literaturrecherchen ist die Anwendung weiterer, enger auf den Kontext bezogener Suchbegriffe zu empfehlen.

5 Danksagung

Dieser Beitrag ist Teil des Forschungsverbundes „Zukunftslabor Agrar“ - gefördert vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur im Niedersächsischen Vorab der VolkswagenStiftung und betreut vom Zentrum für digitale Innovationen (ZDIN).

Literaturverzeichnis

- [Bi20] Bitkom. Schon 8 von 10 Landwirten setzen auf digitale Technologien, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Schon-8-von-10-Landwirten-setzen-auf-digitale-Technologien>, Stand: 25.10.2020.
- [De18] Demartini, M. et al.: Food industry digitalization: from challenges and trends to opportunities and solutions. IFAC PapersOnLine 51/11, S. 1371–1378, 2018.
- [Di18] Dijkman, T.J. et al.: Chapter 29. LCA of Food and Agriculture. In: (Hauschild, M., Rosenbaum R.K., Olsen, S.I. Hrsg.): Life Cycle Assessment. Springer International Publishing AG, S. 723-754, 2018.
- [Ha17] van Haaster, B. et al.: Development of a methodological framework for social life-cycle assessment of novel technologies. International Journal of Life Cycle Assessment 22, S. 423-440, 2017.
- [He13] Henke, Stephan: Social Life Cycle Assessment: Multikriterielle Bewertung erneuerbarer Energien. 1. Auflage, Cuvillier Verlag. Göttingen. 2014.
- [He20] Herrero, M. et al.: Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system. Nature Food 01, S. 266-272, 2020.

- [JM20] Janker, J., Mann, S.: Understanding the social dimension of sustainability in agriculture: a critical review of sustainability assessment tools. *Environment, Development and Sustainability* 22, S. 1671-1691, 2020.
- [KJL19] Klerkx, L., Jakku, E., Labarthe, P.: A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and future research agenda. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, S. 90-91, 2019.
- [KR07] Klöpffer, W., Renner, I.: Lebenszyklusbasierte Nachhaltigkeitsbewertung von Produkten. *Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis.* 3/16, S. 32-38, 2007.
- [La19] Lampridi, M.G et al.: A Case-Based Economic Assessment of Robotics Employment in Precision Arable Farming. *Agronomy* 9/4/175, 2019.
- [NK21] Neethirajan, S., Kemp, B.: Digital Livestock Farming. *Sensing and Bio-Sensing Research* 32, 100408, 2021.
- [No17] Notarnicola, B. et al.: The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: A review of the challenges. *Journal of Cleaner Production* 140, S. 399-409, 2017.
- [OI16] de Olde, E.M. et al.: Assessing sustainability at farm-level: Lessons learned from a comparison of tools in practice. *Ecological Indicators* 66, S. 391-404, 2016.
- [Sa20] Assessing the environmental and economic sustainability of autonomous systems: A case study in the agricultural industry. *Procedia CIRP*, 90, S. 209-214.
- [SG18] Schleicher, S., Gandorfer, M.: Digitalisierung in der Landwirtschaft: Eine Analyse der Akzeptanzhemmnisse. In: Ruckelshausen et al. (Hrsg.): *Digitale Marktplätze und Plattformen*. Gesellschaft für Informatik, Bonn. S. 203-206, 2018.
- [Sm20] Smith, M.J.: Getting value from artificial intelligence in agriculture. *Animal Production Science*, 60/1, S.46-54, 2020.
- [UN20] United Nations Environment Programme (UNEP) (2020): *Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organizations*. <https://www.lifecycleinitiative.org/library/guidelines-for-social-life-cycle-assessment-of-products-and-organisations-2020/>, Stand: 03.11.2021.
- [Va20] Valente, C. et al.: Life Cycle Sustainability Assessment of a novel slaughter concept. *Journal of Cleaner Production* 272, 122651.
- [WP02] Van der Werf, H.M.G., Petit, J.: Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93, S. 131-145, 2002.
- [Zh21] Zhang, M. et al.: Wearable Internet of Things enabled precision livestock farming in smart farms: A review of technical solutions for precise perception, biocompatibility, and sustainability monitoring. *Journal of Cleaner Production* 312. 127712, 2021.