

## Herausforderungen für eine vereinfachte digitale Dokumentation und Optimierung von Nährstoffkreisläufen am Beispiel eines Milchviehbetriebs

Jens Henningsen<sup>1</sup> und Christof Schroth<sup>1</sup>

**Abstract:** In dem Beitrag wird dargestellt, dass landwirtschaftliche Betriebe sich in Zukunft verstärkt mit Nährstoffkreisläufen auseinandersetzen müssen. Zudem sind im Green Deal der EU der reduzierte Einsatz von Düngemitteln und die Verringerung von Nährstoffverlusten fest verankert. In diesem Zusammenhang spielt eine automatische Dokumentation der Nährstoffflüsse eine wichtige Rolle, um darauf aufbauend mögliche Optimierungspotenziale ableiten und berechnen zu können. Allerdings gibt es in diesem Bereich noch diverse technische Herausforderungen, die in diesem Artikel anhand eines Milchviehbetriebs dargestellt werden.

**Keywords:** Nährstoffkreisläufe, automatisierte Dokumentation, Optimierung, Datenqualität

### 1 Einleitung

Die Landwirtschaft steht aktuell vor vielen Herausforderungen. Zum einen soll eine nationale Umstrukturierung der Tierhaltung erfolgen, zum anderen sollen auf europäischer Ebene in der aktuellen Farm2Fork-Strategie im Rahmen des Green Deals der EU der Düngemittleinsatz um 20 % und die Nährstoffverluste um 50 % reduziert werden [Bu 20; Eu20]. Diese ökologischen und politischen Entwicklungen regen viele landwirtschaftliche Betriebsleiter und Betriebsleiterinnen<sup>2</sup> zum Überdenken der aktuellen Arbeitsprozesse an. Digitalisierung kann helfen, den Nährstoffkreislauf eines landwirtschaftlichen Betriebs detaillierter abzubilden und zu analysieren. Allerdings sind Landwirte eher gehemmt, in Digitalisierung zu investieren, was laut [Ga17] unter anderem darauf zurückzuführen ist, dass Entscheidungsalgorithmen fehlen, Inkompatibilitäten vorherrschen und Aspekte wie Datenhoheit und Datenschutz an Wichtigkeit zunehmen. Dennoch nutzen landwirtschaftliche Betriebe vermehrt digitale Hilfsmittel, darunter Farm-Management-Informationssysteme (FMIS) [RKR20], bei denen die Qualität der erfassten Daten eine wichtige Rolle spielt [Wo17]. FMIS dienen zum Beispiel dazu, Dokumentationsaufgaben und -pflichten effizienter zu gestalten, d.h. landwirtschaftliche Betriebe zu entlasten.

---

<sup>1</sup> Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE, Abteilung Data Science, Fraunhofer-Platz 1, 67663 Kaiserslautern, jens.henningsen@iese.fraunhofer.de, christof.schroth@iese.fraunhofer.de

<sup>2</sup> In der folgenden Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich auf Personen beiderlei Geschlechts.

An diesem Punkt setzt das Fraunhofer-Leitprojekt „Cognitive Agriculture (COGNAC)<sup>3</sup>“ an. Dort werden Konzepte entwickelt, um relevante Daten eines landwirtschaftlichen Betriebs zentral (beispielweise in Form von Digitalen Zwillingen) in einem „Agricultural Data Space (ADS)<sup>4</sup>“ zu speichern. In einem Arbeitspaket wird unter anderem sowohl die automatisierte Dokumentation als auch die Optimierung von Nährstoffkreisläufen thematisiert. Um einerseits ökologisch (z. B. Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, Erhaltung der Erntequalitäten) und andererseits ökonomisch arbeiten zu können, ist eine vereinfachte, möglichst automatische Dokumentation sowie verbesserte Entscheidungsunterstützung im Nährstoffmanagement notwendig. Entlang des Nährstoffkreislaufs treten an verschiedenen Stellen (z. B. Futterbergung, Milchviehfütterung) Nährstoffverluste auf und tragen zu einer verschlechterten Luft- und Wasserqualität bei [PR15]. Im Zentrum dieses Beitrags wird zunächst die Qualität automatisch erfasster Daten im Rahmen des Nährstoffkreislaufs betrachtet, da dies eine Basis für weitere Anwendungsbereiche ist.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Vorgehen

Im Rahmen unserer Arbeiten wurde mithilfe von Experteninterviews der Fokus auf einen landwirtschaftlichen Milchviehbetrieb gelegt. Anschließend wurde in Kooperation mit einem Milchviehbetrieb zunächst der gesamte Nährstoffkreislauf betrachtet und der aktuelle Stand der Technik des Betriebs untersucht. Es wurde ermittelt, welche Daten schon digital bzw. noch analog erfasst und abgelegt werden. Ganzheitlich betrachtet liegen zwischen unterschiedlichen Systemen oft Medienbrüche vor, was eine Dokumentation und spätere Auswertung der Daten für landwirtschaftliche Betriebsleiter erschwert. Ein weiterer erschwerender Faktor ist, dass an verschiedenen Stellen Richtwerte bzw. Modelle (z. B. für Bröckelverluste, Lagerverluste) zur Berechnung von Nährstoffflüssen verwendet werden. Allgemein ist im Bereich der Futterbergung von landwirtschaftlichen Betrieben oftmals nicht der genaue Ernteertrag (z. B. von Grünland) bekannt, wobei eine genaue Erfassung das Potenzial birgt, Nährstoffe nachhaltiger und effizienter einzusetzen [Ko14]. Im Rahmen des Projekts und in Zusammenarbeit mit dem oben erwähnten Milchviehbetrieb wurden im Futterbau die erfassten Ertragsmengen (bzw. ausgebrachten Düngemengen) inklusive Inhaltsstoffe mithilfe eines NIR-Sensors erfasst. Des Weiteren können anhand der vorliegenden Betriebsdaten Nährstoffausträge über Milch, Kot und Harn berechnet werden. Somit können zum Beispiel mithilfe der Daten angepasste Futterrationen für eine Milchviehherde erstellt werden, die zu verminderten N-

---

<sup>3</sup> Fraunhofer-Leitprojekt »Cognitive Agriculture (COGNAC)«  
<https://www.fraunhofer.de/de/forschung/fraunhofer-initiativen/fraunhofer-leitprojekte/cognac.html>

<sup>4</sup> Whitepaper »ADS«  
[https://www.iese.fraunhofer.de/content/dam/iese/de/dokumente/innovationsthemen/COGNAC\\_Whitepaper\\_ADS2019.pdf](https://www.iese.fraunhofer.de/content/dam/iese/de/dokumente/innovationsthemen/COGNAC_Whitepaper_ADS2019.pdf)

Ausscheidungen führen. Die mittels Maschinensensoren erfassten Daten wurden über die Plattform eines Landtechnikherstellers bezogen und bewertet. Im Folgenden liegt der Fokus auf der Qualität dieser vorliegenden Daten im Bereich der Futterbergung.

## 2.2 Datenqualitätsberechnungen Futterbau

Zunächst wurde eine Sichtung von Ernte- bzw. Düngungsanwendungen durchgeführt. In Absprache mit Experten wurden drei repräsentative Felder ausgewählt, bei denen alle Ernte- und Düngungsanwendungen für das Jahr 2020 vollständig im Shape-Format vorliegen. Bei näherer Betrachtung der ausgewählten Dateien wurde festgestellt, dass die enthaltenen Informationen und Daten zum Teil in geringer Datenqualität vorliegen. Es wurden unter anderem folgende Schwachpunkte festgestellt, welche auch beispielhaft in Abb. 1 dargestellt sind:

- Es fehlen Datenpunkte, sodass die Anwendung nicht komplett erfasst wurde.
- Es befinden sich Datenpunkte in den Dateien, die zum Teil außerhalb der Feldgrenzen erfasst wurden.
- Messwerte sind nicht plausibel (z. B. vertauschte Einheiten in den Metadaten).
- Es sind zwei Anwendungen für ein Feld in einer Datei hinterlegt (z. B. mehrere Grasschnitte in einem Jahr) – dies ist ein indirekter Fehler, denn für genaue Berechnungen sind die einzelnen Anwendungen zu trennen (fehlt in der Darstellung).

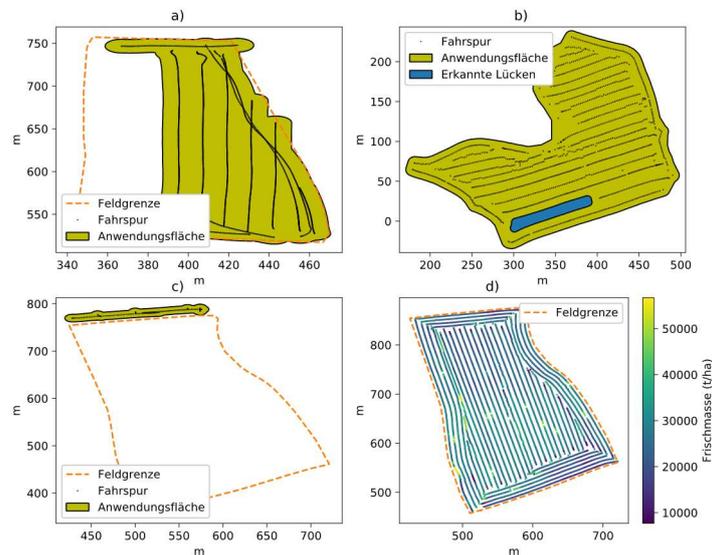


Abb. 1: a) Nur auf einer Teilfläche wurde Mist ausgebracht, bis er aufgebraucht war; b) ein Teil des Feldes wurde bei der Anwendung nicht erfasst (dunkelblauer Bereich), vermutlich ein Fehler während der Aufzeichnung; c) Anwendung auf einem angrenzenden Feld (d.h. außerhalb des entsprechenden Felds); d) unplausible Messwerte, eventuell wurden kg und t vertauscht

Anhand der skizzierten Schwachpunkte wird ersichtlich, dass es sich entweder um Anwenderfehler oder um technische Fehler handelt.

Im Allgemeinen ist die Datenqualität beispielsweise mitverantwortlich für die Performanz von Betriebsprozessen und Entscheidungsunterstützungssystemen [Ba09]. Weiterhin erschwert die zunehmende Vielfalt an verknüpften Daten (Linked Data) zusätzlich die Bestimmung der Datenqualität und letztendlich eine transparente Darstellung für den Endkonsumenten [De16]. Für die vorliegenden Daten wurde ein Ansatz zur Berechnung der Datenqualität angenommen. Tab. 1 gibt einen Überblick über die verwendeten Charakteristiken und Metriken, welche im Folgenden erklärt werden.

Fragestellung [entsprechende Charakteristik ISO 25012:2008]	Verwendete Metrik
Wie viele Werte fehlen in den Messungen? [Completeness]	$\frac{A}{B}$ , wobei $A$ : Anzahl Datenpunkte $\neq$ Nan und $B$ : Anzahl Datenpunkte
Wie viele der aufgezeichneten Messpunkte befinden sich innerhalb der Feldgrenzen? [Accuracy (1)]	$\frac{A}{B}$ , wobei $A$ : Anzahl Datenpunkte innerhalb der Feldgrenzen und $B$ : Anzahl Datenpunkte
Wie groß ist der Bereich innerhalb des Feldes, für den Aufzeichnungen vorliegen? [Accuracy (2)]	$\frac{A}{B}$ , wobei $A$ : Fläche innerhalb des Feldes, für die Datenpunkte vorliegen und $B$ : Fläche des Feldes
Befindet sich mehr als ein Feld in der Datei? [Consistency (1)]	$\begin{cases} 0\%, \text{ falls } \geq 2 \text{ Felder detektiert} \\ 100\%, \text{ falls nur 1 Feld detektiert} \end{cases}$
Befindet sich mehr als eine Anwendung in der Datei? [Consistency (2)]	$\begin{cases} 0\%, \text{ falls } \geq 2 \text{ Anwendungen detektiert} \\ 100\%, \text{ falls nur 1 Anwendung detektiert} \end{cases}$
<i>Erntedaten</i> : Liegt die Frischmasse in einem plausiblen Bereich? <i>Düngungsdaten</i> : Liegt die ausgebrachte Menge in einem plausiblen Bereich? [Credibility]	$\frac{A}{B}$ , wobei $A$ : Anzahl Datenpunkte innerhalb des plausiblen Bereichs und $B$ : Anzahl Datenpunkte

Tab. 1: Anhand der Charakteristiken der 25012:2008 Norm wurden für folgende sechs Fragestellungen Metriken definiert. Alle Metriken sind normiert, d.h. sie nehmen Werte zwischen 0 % (nicht erfüllt) und 100 % (ganz erfüllt) an

Die ISO 25012:2008 Norm definiert für die Datenqualität 15 Charakteristiken [IS08]. Welche dieser Charakteristiken relevant sind und wie man sie konkret berechnen kann, hängt grundsätzlich von der Anwendung ab. Da manche Charakteristiken sehr ähnlich

sind, ist es ferner möglich, zwei Charakteristiken zusammenzulegen und in einer Rechnung abzuhandeln. Man kann aber auch für eine Charakteristik zwei Berechnungen definieren. Aufgrund von Expertenwissen und der Analyseansätze zur Untersuchung der Daten eines landwirtschaftlichen Betriebs wurde anhand von vier der 15 Charakteristiken aus der ISO 25012:2008 Norm eine Datenqualitätsanalyse durchgeführt.

Es wurde ein Tool entwickelt, um die oben genannten Metriken der Datenqualität zu berechnen. Mit diesem Tool wurden drei Felder für den Beispielbetrieb ausgewertet.

### **3 Ergebnis**

Insgesamt wurden 71 Dateien aus den Jahren 2019 und 2020 auf Datenqualität überprüft, darunter 45 Düngungs-, 16 Ernte- und 10 Aussaatdateien. Zunächst ist positiv zu erwähnen, dass alle Dateien immer eine einzelne Anwendung enthalten, d.h. Consistency (2) liegt zu 100 % vor. Außerdem sind die Daten kaum korrupt, denn der schlechteste Wert für Completeness beträgt 94 %. In Anbetracht der Tatsache, dass längst nicht alle erfassten Werte der Sensoren für die Auswertung relevant sind, ist dies ebenfalls positiv zu bewerten. In 42 % der Fälle wurden Anwendungen erkannt, die nicht das ganze Feld abdecken (Accuracy (1)). In ca. 7 % der Fälle wurden Anwendungen erkannt, die über die Feldgrenzen hinausgehen (Accuracy (2)). In 6 % der Fälle wurden bei der Datenqualitätskontrolle Vorgänge entdeckt, die ausschließlich außerhalb des Feldes aufgezeichnet wurden (Consistency (1)). Da die Dateien einige Probeläufe beinhalten, sind die letzten drei Prozentwerte nicht allzu kritisch zu bewerten. Die schlechtesten Werte wurden für Credibility beobachtet, denn 29 % der Dateien lieferten Werte außerhalb des plausiblen Bereichs. Vermutlich wurden in den Metadaten Tonnen und Kilogramm verwechselt (vgl. Abb. 1 d). Solche Dateien sind für eine Auswertung unbrauchbar. Dies ist für eine automatisierte Dokumentation kritisch, da man sich auf die Messwerte und vor allem die hinterlegten Messeinheiten verlassen muss. Hier bedarf es noch einer Nachbesserung. Insgesamt lässt sich aber sagen, dass die Metriken für die Bewertung der Datenqualität von Ernte- bzw. Düngungsdateien herangezogen werden können, denn die berechneten Metriken beschreiben die Qualität der vorliegenden Daten relativ genau.

### **4 Ausblick**

Die oben beschriebenen Qualitätsdefizite können den Nutzen von Datenanalysen stark beeinflussen. Damit stellt die Datenqualität eine wichtige Grundlage und einen wesentlichen Erfolgsfaktor für die Digitalisierung in der Landwirtschaft dar. Landwirten muss es ermöglicht werden, die Daten während und nach der Anwendung einfach korrigieren zu können. Ferner ist noch zu überlegen, inwiefern man nicht perfekte Daten noch für eine Analyse verwenden könnte. Zum Beispiel könnten fehlende Werte interpoliert werden oder es könnten Durchschnitts- bzw. Erfahrungswerte verwendet werden. Sind die oben genannten Maßnahmen umgesetzt, können die Daten für

Optimierungskonzepte des Nährstoffkreislaufes genutzt werden. Idealerweise wird die Datenqualitätskontrolle direkt nach der Aufzeichnung der Daten automatisiert ausgeführt, damit die Landwirte unmittelbar eine Rückmeldung erhalten. Denkbar wäre es auch, dass dies ein Plattform-Dienst auf der Datenplattform oder ein Dienst im „digitalen Zwilling“ übernimmt und der Qualitätsbericht im Agricultural Data Space (ADS) hinterlegt wird. Dies zu adressieren ist für den weiteren Projektverlauf geplant.

#### Literaturverzeichnis

- [Ba09] Batini, Carlo; Cappiello, Cinzia; Francalanci, Chiara; Maurino, Andrea (2009): Methodologies for data quality assessment and improvement. In *ACM Comput. Surv.* 41 (3), S. 1–52.
- [Bu20] Pressemitteilung Nr. 155 vom 16.09.2020: Umbau der Tierhaltung beginnt jetzt; Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL).
- [De16] Debattista, Jeremy; Auer, Soeren; Lange, Christoph (2016): Luzzu – A Methodology and Framework for Linked Data Quality Assessment. In *J. Data and Information Quality* 8 (1), S. 1–32.
- [Eu20] European Commission (2020): From Farm to Fork – Our food, our health, our planet, our future. Online verfügbar unter: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu/farm-fork\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu/farm-fork_en), zuletzt geprüft am 29.10.2020.
- [Ga17] Gandorfer, Markus; Schleicher, Sebastian; Heuser, Sebastian; Pfeiffer, Johanna; Demmel, Markus (2017): Landwirtschaft 4.0 - Digitalisierung und ihre Herausforderungen. In *Ackerbau - technische Lösungen für die Zukunft*, S. 9-19.
- [IS08] ISO/IEC 25012:2008: Software engineering - Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Data quality model. Online verfügbar unter: <https://www.iso.org/standard/35736.html>, zuletzt geprüft am 28.10.2020.
- [Kö14] Köhler, B.; Südekamp, K.-H.; Spiekers, H.; Taube, F. (2014): Quantitative Erfassung von Masse- und Stoffströmen im Futterbaubetrieb, in *Kongressband 2014 Hohenheim* S.411–415.
- [PR15] Powell, J. M.; Rotz, C. A. (2015): Measures of nitrogen use efficiency and nitrogen loss from dairy production systems. In *Journal of environmental quality* 44 (2), S. 336–344.
- [RKR20] Rohleder, Bernhard; Krüskens, Bernhard; Reinhardt, Horst (2020): Digitalisierung in der Landwirtschaft 2020. Online verfügbar unter: [https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-04/200427\\_prasentationpklw\\_final.pdf](https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-04/200427_prasentationpklw_final.pdf), zuletzt geprüft am 28.10.2020.
- [Wo17] Wolfert, Sjaak; Ge, Lan; Verdouw, Cor; Bogaardt, Marc-Jeroen (2017): Big Data in Smart Farming – A review. In *Agricultural Systems* 153, S. 69–80.