

Digitale Agrarprozesse für eine nachhaltige und verordnungskonforme Landwirtschaft am Beispiel einer kooperativen Flüssigmistausbringung

Frank Nordemann¹, Thorben Iggena¹, Franz Kraatz¹, Maik Fruhner¹, Heiko Tapken¹ und Ralf Tönjes¹

Abstract: Eine zunehmende Anzahl von Agrarprozessen wird in Kooperation verschiedener Akteure bearbeitet. Eine Silomaisenernte verlangt nach einem optimierten Zusammenspiel von Erntemaschine, abfahrenden Traktorgespannen, Waage und Siloverdichtung. Bei einer teilflächenspezifischen Flüssigmistausbringung müssen Ausbringwagen, Zubringer, Analysewerkzeuge sowie Applikationskartenberechnung, Maschinenauftragserstellung und Nährstoffdokumentation aufeinander abgestimmt werden. In der Praxis fehlt es an ganzheitlich digitalisierten Agrarprozessen, die kooperierende Akteure in ihren Tätigkeiten unterstützen. Dieser Beitrag veranschaulicht an den Ergebnissen des dreijährigen Forschungsprojektes OPeRAte, wie durch teilautomatisierte und medienbruchfrei umgesetzte Prozesse Anwender in ihren Tätigkeiten unterstützt werden können. Ganzheitlich digitalisierte Agrarprozesse begünstigen Umweltaspekte beispielsweise durch die Einhaltung von gesetzlichen Verordnungen, die Bereitstellung automatisierter Dokumentationen und die Durchführung von Optimierungsanalysen für ein effizientes Nährstoffmanagement.

Keywords: Kooperative Agrarprozesse, Prozessmodellierung, Prozesssteuerung, integrierte Datenhaltung, automatisierte Dokumentation, BPMN, MQTT, ISOXML, ISOBUS, OPeRAte

1 Motivation und Problemstellung

Die Digitalisierung hat in der Agrartechnik zu Effizienzsteigerungen bei der Produktion landwirtschaftlicher Güter geführt. Allerdings sind die erhofften Erleichterungen und Verbesserungen für die ausführenden Menschen und die Umwelt vielfach nicht eingetreten: Aufgrund fehlender oder inkompatibler Daten und Formate, nicht medienbruchfreier und aufwendiger Prozessabläufe sowie komplexer Bediensoftware werden IT-Systeme oftmals nicht als unterstützende Werkzeuge, sondern als Hindernisse von den Anwendern wahrgenommen. Zusätzlich erschweren ausgeprägte rechtliche Verordnungen, deren Einhaltung und deren Dokumentation den Arbeitsprozess, wie dies beispielsweise novellierte Vorschriften zur Reduzierung der Nitratbelastung des Grundwassers verlangen. Vielfach kann die tatsächliche Ausführung der Arbeiten diesen Ansprüchen nicht genügen – mit negativen Folgen für den verantwortlichen Landwirt und die Umwelt.

Auf Basis der Ergebnisse des dreijährigen BMEL-Forschungsprojektes OPeRAte [OP19] wird nachfolgend veranschaulicht, wie die Digitalisierung den Menschen bei der Bear-

¹ Hochschule Osnabrück, Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik, Albrechtstr. 30, 49076 Osnabrück, {f.nordemann;t.iggena;f.kraatz;m.fruhner;h.tapken;r.toenjes}@hs-osnabrueck.de

beitung und Dokumentation von kooperativen Agrarprozessen unterstützen und gleichzeitig negative Belastungen für die Umwelt reduzieren kann.

2 Kooperative Agrarprozesse

Stellvertretend für kooperative Agrarprozesse wird nachfolgend ein Prozess zur Flüssigmistausbringung genutzt, um die Herausforderungen und Potenziale der Digitalisierung von kooperativen Prozessen darzustellen.

2.1 Gängiger Prozess zur Flüssigmistausbringung

An der Ausbringung von Flüssigmist sind neben dem Landwirt (LW) oftmals weitere Akteure beteiligt: Precision-Farming-Anbieter erstellen Applikationskarten für eine teilflächen- und nährstoffspezifische Düngung, digitale Dienste wandeln Applikationskarten in Maschinenaufträge um, Lohnunternehmer (LU) führen die Düngung durch, Behörden nehmen die Dokumentation entgegen (vgl. Abb. 1). Die Koordination der Akteure erfolgt telefonisch, mittels E-Mails oder in Briefform. Aufgrund der Diversität der Informationskoordination und der zeitlichen Abstände zwischen den Prozessschritten, die sich über ein ganzes Anbaujahr hinziehen können, entspricht die Düngedokumentation nicht immer den an sie gestellten Ansprüchen. Auch die komplexer werdende Ausführung unter Einhaltung der Düngeverordnung bietet Fehlerpotenziale. Abb. 1 fasst mögliche Fehlerpotenziale in den Prozessschritten grafisch zusammen.

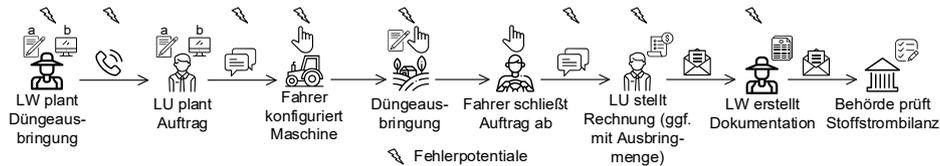


Abb. 1: Heute gängiger Prozess zur Düngeausbringung ohne durchgehende Digitalisierung

Die Digitalisierung hat bereits einzelne Prozessabschnitte erreicht, wie z. B. die steigende Verwendung von Farmmanagementsystemen zeigt. Herausfordernd bleibt, die einzelnen Prozessschritte nicht mit Insellösungen zu bedienen, sondern durchgehende und akteurübergreifende Lösungen für kooperative Prozesse bereitzustellen.

2.2 Ganzheitlich digitalisierter Prozess zur Flüssigmistausbringung

Eine Steigerung des Nutzens der Digitalisierung für die Anwender und die Umwelt kann durch eine Optimierung kooperativer Prozessabläufe erreicht werden. Dabei sollen Anwender durch eine geführte Teilautomation in ihren Arbeiten unterstützt und geleitet

werden. Ein ganzheitlicher, medienbruchfreier Flüssigmistprozess mit automatisierter Dokumentation ist in Abb. 2 darstellt. Er basiert auf den Forschungsergebnissen des OPeRAte-Projektes.

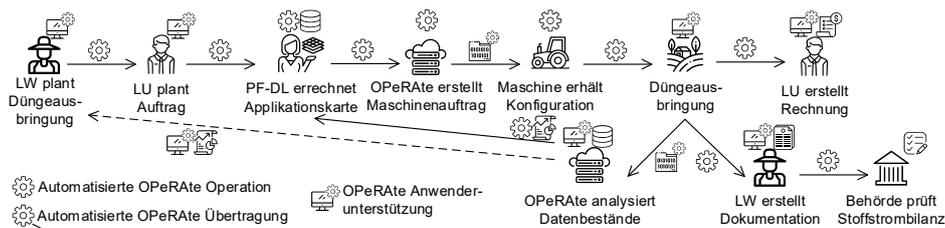


Abb. 2: Ganzheitlich digitalisierter Düngeprozess mit automatisierter Dokumentation in OPeRAte

Der Prozess umfasst neben einem beauftragenden Landwirt einen Precision-Farming-Dienstleister (PF-DL), einen ausführenden Lohnunternehmer, Dienste zur Datenverarbeitung und Dokumentation sowie eine Behörde. Bei der Prozessausführung wird der Anwender durch automatisierte Abläufe entlastet, was die Fehleranfälligkeit der Ausführung und Dokumentation reduziert. Auf manuelle Eingaben von Auftragsdaten und Konfigurationen wird verzichtet. Automatisierte Prozessabläufe unterstützen bei der Datenerfassung, Datenbereitstellung, Prozessvisualisierung und Prozessüberwachung. Mittels einer ISOBUS-basierten Maschinenbeschreibung [IS07] können Agrarprozesse bei der Maschinenkopplung erkannt werden, ohne dass eine vorherige Detailplanung zwingend notwendig ist. Durch die Aufnahme und Verarbeitung von Prozessdaten können Berichte für Behörden automatisiert und verordnungskonform erstellt und später auch digital übertragen werden (z. B. in Niedersachsen mittels ENNI, vgl. [LN19]). Die in OPeRAte unter Einbeziehung des Datenschutzes erstellte Datenarchitektur ermöglicht es dem Anwender, seine Aufträge mit zugehörigen Daten für andere Akteure digital bereitzustellen. Dies ermöglicht neben einem vereinfachten Ablauf auch die Durchführung von ökologischen und ökonomischen Optimierungsanalysen zum Nährstoffeinsatz.

3 Technische Realisierung digitaler Agrarprozesse

Die in OPeRAte erarbeitenden Methoden und Lösungskonzepte basieren auf freien, nicht proprietären Technologien, die von allen Akteuren eingesetzt werden können. Während die Schnittstellen zwischen den Akteuren eindeutig definiert werden, verbleiben sie frei in der Ausgestaltung der einzelnen Prozessschritte und den dazu eingesetzten Technologien und Vorgehensweisen.

3.1 Akteurübergreifende Prozessdefinition und -steuerung

Auf Basis der Modellierungssprache Business Process Model and Notation 2.0 (BPMN, [OM11]) werden Abläufe strukturiert und Medienbrüche vermieden, ohne dass die Ak-

teure Details ihrer Arbeitsweise und IT-Struktur offenlegen müssen. Das Prozessmodell integriert den Informationsaustausch zwischen IT-Diensten (z.B. mittels REST) und die Anbindung von Agrarmaschinen (mittels MQTT, [OA19]). Aus den einzelnen Prozessschritten ergibt sich ein gemeinsames Prozessmodell, das Abb. 3 aus Sicht eines koordinierenden OPeRate-Prozessmanagements darstellt. Das Prozessmodell beschreibt die Kooperation der Akteure sowie einzelne Prozessschritte und kann mit BPMN Runtime Engines zur Ausführung erweitert werden.

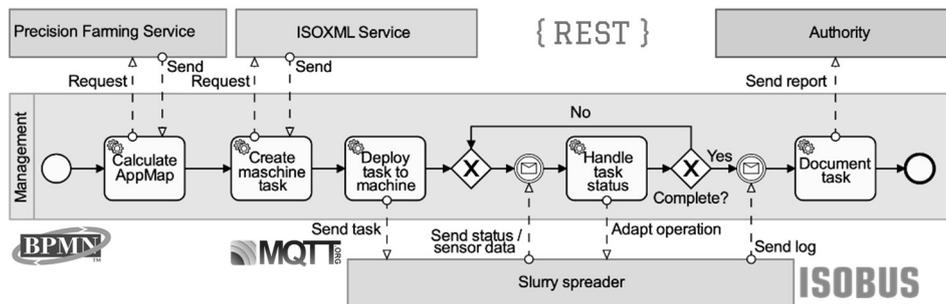


Abb. 3: Gemeinsame BPMN-Prozesssicht verschiedener Akteure auf einen Flüssigmistprozess

Innerhalb des OPeRate-Projektes wurde eine BPMN-Erweiterung konzeptioniert, um auch bei unterbrechungsbehafteter Kommunikation eine robuste Prozessausführung gewährleisten zu können. Mit Hilfe des Microservice-Architekturstils [SN15] können in sich gekapselte, verschiebbare Funktionseinheiten entworfen werden, die Prozessschritte lokal auf der Maschine fortsetzen, wenn externe Akteure durch Kommunikationsunterbrechungen nicht erreichbar sind [NTP20].

Ein BPMN-Modell bildet die Basis für den kooperativen Prozess. Der Landwirt und der Lohnunternehmer mit seinen beteiligten Mitarbeitern steuern und überwachen den Prozess über benutzerfreundliche Oberflächen, ohne technische Details von Modell und Implementierung kennen zu müssen. Auf der ausführenden Landmaschine steht dem Anwender ein Landmaschinenterminal zur Verfügung, das ihn bei der verordnungskonformen Durchführung beispielsweise durch Einblendung von Abstands- und Sperrflächen unterstützt.

3.2 Datenschutzkonforme Integration von Prozessdaten

Ein wichtiger Bestandteil zur digitalen Unterstützung von Agrarprozessen ist die Datenerhaltung und deren Integration in den Prozess bei gleichzeitiger Einhaltung des Datenschutzes. Durch die Nutzung von Technologien wie Row-Level-Security [Po19] und Privacy-by-Design-Ansätzen im Datenbankmanagementsystem ist dies im OPeRate-Projekt gegeben. Die Rechte an den Daten verbleiben beim jeweiligen Nutzer und sind nur von diesem einsehbar. Gezielte Freigaben während eines Prozessablaufs ermögli-

chen die benötigte Kommunikation zwischen den verschiedenen Akteuren, wie z. B. Landwirt und Lohnunternehmer.

Neben den manuell eingegebenen Daten und den bei der Durchführung generierten Sensor- und Statusdaten werden externe Daten zur Anreicherung bestehender Datensätze kontinuierlich importiert. Die Datenhaltung ist z. B. darauf ausgelegt, historische Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes und multispektrale Satellitenbilder des Sentinel-2-Programms der ESA [ES19] aus öffentlichen Schnittstellen zu integrieren. Diese können durch geo-temporale Metadaten mit den in der Datenbank vorhandenen Auftragsdaten verknüpft werden. Dadurch bieten sich neue Möglichkeiten, wie etwa Big-Data-Analysen zur Optimierung von ähnlichen Prozessabläufen in der kommenden Saison.

4 Prototypische Evaluierung

Prototypische Tests der OPeRAte-Werkzeuge zur Prozessplanung und -steuerung (vgl. Abb. 4) belegen die Unterstützung der ausführenden Anwender und vermindern durch die Einhaltung von Verordnungen negative Umwelteinflüsse. Langfristig sind durch Datenanalysen vergangener Anbaujahre weitere Verbesserungen bei der nachhaltigen Düngung zu erwarten.

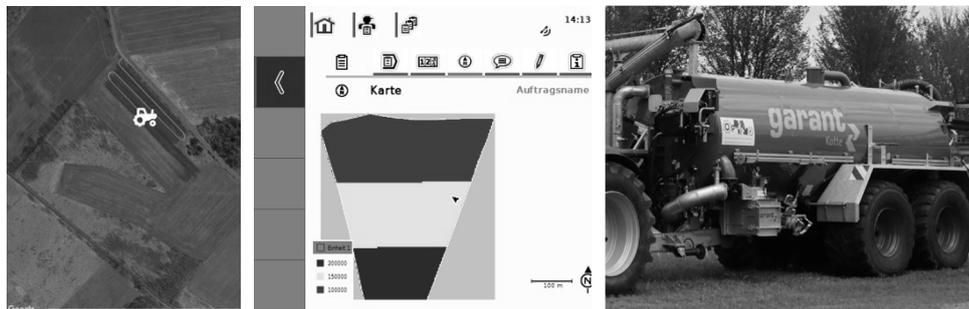


Abb. 4: Prozessstatus a) im Web und b) auf der Landmaschine, c) OPeRAte-Flüssigmistwagen

5 Zusammenfassung und Ausblick

Ganzheitlich digitalisierte Agrarprozesse können durch Teilautomatisierung dem Anwender fehlerbehaftete Arbeitsschritte abnehmen und Hilfestellung bei der verordnungskonformen Prozessausführung geben. Die Reduzierung negativer Umwelteinflüsse kann durch kontinuierliche Optimierungsanalysen zum Nährstoffeinsatz auf Basis automatisierter Prozessdatenintegration und der Datenverarbeitung verschiedener Anbaujahre unterstützt werden.

Die Erfahrungen aus dem OPeRate-Projekt zeigen, dass für eine Akzeptanz der entwickelten Konzepte eine hohe Benutzerfreundlichkeit hinsichtlich der Werkzeugbedienung und der Nachvollziehbarkeit automatisierter Arbeitsschritte kritische Faktoren sind. Weiterhin sind freie, nicht proprietäre Technologien wie BPMN, REST, MQTT, ISOBUS / ISOXML von hoher Bedeutung, um einen durchgängigen, akteurübergreifenden Prozess modellieren und ausführen zu können. In diesem Hinblick sind insbesondere die Standardisierungsbemühungen der AEF für ein einheitliches Format zur drahtlosen Übertragung von Agrardaten (EFDI, [AI19]) positiv zu bewerten. Die Weiterentwicklung der in OPeRate prototypisch evaluierten Konzepte und Werkzeuge zu einer marktreifen Produktlösung wird von den Projektpartnern in einem Folgeprojekt angestrebt.

Die Förderung des OPeRate-Projektes erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

Literaturverzeichnis

- [AI19] Agricultural Industry Electronics Foundation (AEF): Extended FMIS Data Interface (EFDI), Project Team 09, www.aef-online.org, Stand: 22.10.2019.
- [ES19] European Space Agency (ESA): Copernicus Sentinel-2 Mission, <http://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>, Stand: 22.10.2019.
- [IS07] ISO 11783 Part 1-14, Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communications data network, Beuth Verlag, 2007.
- [LN19] Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Elektronische Nährstoffmeldungen Niedersachsen (ENNI), www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/meldeprogrammwirtschaftsduenger/nav/2378.html, Stand: 22.10.2019.
- [NTP20] Nordemann, F., Tönjes, R., Pulvermüller, E.: Resilient BPMN – robust process modeling in unreliable communication environments, MODELSWARD, Malta, 2020.
- [OA19] Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS), Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), www.oasis-open.org/committees/te_home.php?wg_abbrev=mqtt, Stand: 22.10.2019.
- [OM11] Object Management Group (OMG), Business Process Model and Notation (BPMN) v2.0 Spezifikation, 2011, www.bpmn.org, Stand: 22.10.2019.
- [OP19] OPeRate-Forschungsprojekt, Orchestrierung von Prozessketten für eine datengetriebene Ressourcenoptimierung in der Agrarwirtschaft und -technik, www.operate.edvsz.hs-osnabrueck.de, Stand: 22.10.2019.
- [Po19] PostgreSQL: Row Level Security, www.postgresql.org/docs/10/ddl-rowsecurity.html, Stand: 22.10.2019.
- [SN15] Sam Newman: Building Microservices, O'Reilly Media, Sebastopol, California, 2015.