

Jan-Philip Pohl<sup>1</sup>, Daniel Jahncke<sup>2</sup>, Dirk Feise<sup>2</sup>, Dieter von Hörsten<sup>1</sup>, Jens Karl Wegener<sup>1</sup>

## Digitales Assistenzsystem als ganzheitliche Lösung für den teilflächenspezifischen und ressourcenschonenden Pflanzenschutz

Digital assistance system as a holistic solution for site-specific  
and resource-saving crop protection

### Zusammenfassung

Digital Farming ermöglicht Softwaretools, mit denen Prozesse wie z. B. der Pflanzenschutz schon vor der Applikation von Pflanzenschutzmitteln (PSM) im Detail geplant und darauf basierend Entscheidungen getroffen werden können. Mit dem entwickelten Assistenzsystem wird genau dies für den Pflanzenschutz umgesetzt, und für die praktische Landwirtschaft zur Verfügung gestellt. Durch die Einbindung verschiedener Services wird die Erstellung von Applikationskarten ermöglicht und dabei verschiedenste Informationsquellen aus Webservices zur Verfügung gestellt. Der Dateninput besteht zunächst aus langjährigen Ertragsdaten, Zonenmanagementkarten, digitalen Höhendaten, Satellitendaten aber auch Sensordaten, die im Assistenzsystem prozessiert, vom Anwender ggf. auch nachbearbeitet werden können und vom Feldspritzgerät mit Hilfe des erzeugten Kartenmaterials teilflächenspezifisch appliziert werden. Das Assistenzsystem begleitet den Anwender durch den gesamten Prozess – Planung, Vorbereitung, Applikation und Dokumentation – des Pflanzenschutzes. Dazu werden zum Beispiel mittelspezifische Abstandsaufgaben, Anwenderschutzbestimmungen, das Driftminderungspotenzial der eingesetzten Technik, die aktuellen Witterungsbedingungen und weitere Informationen vom digitalen Assistenzsystem verarbeitet und bei den Empfehlungen berücksichtigt.

**Stichwörter:** Assistenzsystem, Digitalisierung, Digital Farming, Pflanzenschutz, teilflächenspezifische Applikation, Direkteinspeisung, Applikationskarten

### Abstract

Digital farming enables software tools with which processes such as plant protection can be planned in detail before the application of plant protection products (PPPs) and decisions can be made on this basis. The developed assistance system implements precisely this for plant protection and makes it available for practical farming. By integrating various services, the creation of application maps is made possible and a wide variety of information sources from web services are made available. The data input initially consists of long-term yield data, zone management maps, digital elevation data, satellite data and also sensor data, which are processed in the assistance system, can also be post-processed by the user if necessary and are applied by the field sprayer on a site-specific basis with the aid of the map material generated. The assistance system accompanies the user through the entire process – planning, preparation, application and documentation – of crop protection. For this purpose, for example, distance requirements specific to the medium, user protection regulations, the drift reduction potential of the technology used, the current

### Affiliationen

<sup>1</sup> Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Braunschweig

<sup>2</sup> GID GeoinformationsDienst GmbH, Götzenbreite 10, 37124 Rosdorf

### Kontaktanschrift

Jan-Philip Pohl, Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, E-Mail: jan-philip.pohl@julius-kuehn.de

### Zur Veröffentlichung eingereicht/angenommen

8. Februar 2021/6. April 2021

weather conditions and other information are processed by the digital assistance system and taken into account in the recommendations.

**Key words:** assistance system, digitalisation, digital farming, crop protection, site-specific application, direct injection, application cards

## Einleitung

Präzisionslandwirtschaft kann mit einer gezielten und hocheffizienten Ausbringung von Produktionsfaktoren (Pflanzenschutzmittel, Dünger, etc.) die natürlichen Ressourcen auf dem Schlag und in unmittelbarer Umgebung schonen. Im Bereich des Pflanzenschutzes ist dazu die teilflächenspezifische Applikation von Pflanzenschutzmitteln eine notwendige Grundvoraussetzung (KREBS et al., 2015). Des Weiteren sind die gesetzlichen Rahmenbedingungen und die daraus resultierenden Anforderungen von Pflanzenschutzmitteln zu beachten. Ziel des hier vorgestellten digitalen Assistenzsystems ist, eine deutliche Reduktion und Spezifikation zur Behandlung vorgesehener Pflanzenschutzmittel und somit eine situationsgerechte und umweltschonendere Agrarproduktion. Zudem wird anhand von Feldversuchen systematisch untersucht, ob die teilflächenspezifische Applikation von Pflanzenschutzmitteln wirtschaftlich ist. Der Anteil an Wirkstoffen, der potenziell in die verschiedenen Kompartimente des Naturhaushaltes verfrachtet werden kann, wird im Sinne einer modernen, standortangepassten und ressourceneffizienten Bewirtschaftung reduziert, indem der Wirkstoff positionsgenau auf der Zielfläche, dem Ort des tatsächlichen Bedarfs, appliziert wird. Bisher basiert die Teilflächenbehandlung auf dem Wissen und der Erfahrung des Anwenders, des Betriebsleiters, des Beraters und auf Bonituren. Der punktgenaue Pflanzenschutz wird mit dem zunehmenden Einsatz von digitalen Systemen, wie Sensorik, Satellitendaten und zukünftigen autonomen Prozessen unabdingbar sein (WEGENER et al., 2019). Das digitale Assistenzsystem funktioniert durch die Einbindung und automatische Kombination spezialisierter externer Webservices, die die Erstellung von Applikationskarten ermöglichen und dabei verschiedenste Informationsquellen über ein Webportal oder als Webservice zur Verfügung stellen. Die Dateninputs bestehen zum Beispiel aus Satellitendaten, Bonituren, Abstandsaufnahmen und Managementzonenkarten, die im Assistenzsystem prozessiert werden und als Basis für die Erzeugung von Applikationskarten dienen. Mit diesen Applikationskarten kann vollautomatisch und teilflächenspezifisch appliziert werden. Dies ist ein wichtiger und notwendiger Schritt für die Effizienzsteigerung im Pflanzenbau. Der Beitrag beschreibt den aktuellen Entwicklungsstand des Assistenzsystems sowie die Versuchsergebnisse. Dargestellt werden Verfahrensabläufe und erforderliche Daten, die über eine Schnittstelle zu den bereits in der Praxis vorhandenen elektronischen Acker Schlagkarteien bereitgestellt werden. Viele der dazu not-

wendigen Informationskomponenten sind heute bereits verfügbar und können zur Überwachung, Steuerung, Regelung sowie Automation und Dokumentation herangezogen werden.

## Das Projekt: Digitales Assistenzsystem

Im Rahmen des IGreen-Projektes (FLEUREN, 2009) wurde bereits ein Applikationsassistent entwickelt, welcher prinzipiell in der Lage ist, den Fahrer bei der Einhaltung von in Anwendungsbestimmungen festgelegten Abständen zu Gewässern und Saumstrukturen zu unterstützen. Dieser Ansatz wurde in dem bis April 2016 durchgeführten BLE-Innovationsvorhaben „Pesticide Application Manager“ (PAM – Pflanzenschutzanwendungs-Manager) aufgegriffen und in eine Prozesskette integriert. Der Fokus lag hier auf der Einhaltung von Anwendungsbestimmungen (Technik und Abstand) zum Schutz von Oberflächengewässern und Saumbiotopen (SCHEIBER et al., 2015; RAJMIS et al., 2016). Beim PAM-Projekt standen jedoch nicht der reduzierte Einsatz von PSM sowie die Optimierung der eigentlichen Applikation auf der Anwendungsfläche im Vordergrund. Des Weiteren wurden keine Methoden für die erforderliche Bündelung von On- und Offline-Informationen mit dem Ziel einer standortangepassten und ressourceneffizienten PSM-Anwendung im Sinne einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung auf der gesamten Anbaufläche entwickelt. Gerade diese Informationen sind jedoch für eine teilflächenspezifische Applikation von großer Bedeutung.

In den beiden Verbundprojekten Entwicklung und Praxistest eines Direkteinspeisungssystems ohne Verzögerungszeiten zur Teilflächenapplikation von Pflanzenschutzmitteln und dem Folgeprojekt Optimierung und Praxiseinsatz eines Direkteinspeisungssystems zur Teilflächenapplikation von Pflanzenschutzmitteln wurde ein Feldspritzgerät mit Direkteinspeisung bis zur Marktreife entwickelt und die bisherigen Probleme der Direkteinspeisung gelöst. Im Fokus stand, dass das Gerät mehrere Pflanzenschutzmittel in einer Überfahrt unabhängig voneinander verzögerungsfrei und zielgenau appliziert. Um mit solchen und anderen hochtechnisierten Pflanzenschutzgeräten noch einfacher und effizienter eine Teilflächenapplikation unter Praxisbedingungen umzusetzen, bedarf es einer digitalen Systemumgebung. Diese Systemumgebung muss geodatengestützte Informationen kombinieren und eine Applikationskarte erzeugen. Somit ist die erfolgreiche Umsetzung des Teilschlagkonzeptes nicht nur auf eine geeignete Technik bei Pflanzenschutzgeräten angewiesen, sondern auch auf digitale Assistenzsysteme zur Erstellung von Zonenmanagementkarten (POHL et al., 2017).

An dieser Stelle setzt das vorliegende Vorhaben Assistenzsystem an und vervollständigt die technologischen Möglichkeiten zur Prozessoptimierung und Risikominimierung. Das System soll den Anwender durch die automatische Einbindung von externen Datenquellen unterstützen, wobei im Planungsprozess notwendige Eingriffs-

möglichkeiten gewährt werden. Vielmehr sollen alle hierfür benötigten und verfügbaren Daten zusammengeführt und dem Anwender in aufbereiteter Form zur Entscheidungsunterstützung und Empfehlung zur Verfügung gestellt werden.

Moderne Pflanzenschutzgeräte verfügen heute bereits über eine Vielzahl verschiedener Assistenzsysteme, mit deren Hilfe der Anwender bei der Applikation entlastet wird. Dazu gehören z. B. GPS-gesteuerte automatische Teilbreitenschaltungen und Gestängesteuerungen, Tools zur Minimierung von Restmengen sowie automatische Reinigungseinrichtungen (POHL et al., 2016, WEGENER, 2020). Die Anwendung von Pflanzenschutzmaßnahmen kann im Vorfeld in Farm-Management-Informationssystemen (FMIS) geplant und anschließend dokumentiert werden. Der Anwender hat die Möglichkeit, sich durch Prognosetools über die Notwendigkeit von Anwendungen und deren optimalen Zeitpunkt zu informieren. Darüber hinaus muss er die Anwendungsbestimmungen der von ihm genutzten Pflanzenschutzmittel kennen, das Schaderregeraufkommen auf den Zielflächen identifizieren und im Kontext zur Bestandsentwicklung analysieren und eigenständig interpretieren. Vor und während der Applikation sind zudem die Wetterbedingungen für eine erfolgreiche Behandlung zu beachten. Für diese verschiedenen Maßnahmen gibt es schon zahlreiche einzelne Tools, mit denen der Anwender unterstützt wird. Was es bislang noch nicht gab, war ein System, in dem alle Maßnahmen innerhalb des Prozesses Pflanzenschutz gebün-

delt organisiert und verarbeitet werden können. Dies war die Zielsetzung des Assistenzsystems.

**Ergebnisse**

In der Abb. 1 ist die Systemarchitektur des Assistenzsystems dargestellt. Zentrales Element des Gesamtsystems ist ein GIS-gestützter Applikationskartenservice. Mittels offener, standardisierter bzw. dokumentierter Schnittstellen, welche die standardisierten Datenformate XML, GeoJSON und GML sowie GeoTIFF für den Datenaustausch nutzen, können externe Webservices eingebunden werden. So wird auf z. T. vorprozessierte satelliten-, sensorgesteuerte und geodatengestützte Informationen und weitere Informationsquellen, wie Prognosemodelle, Webservice für Abstandsaufgaben bis hin zum Linked-Open-Data BVL-PSM-Verzeichnis zugegriffen. Unter Berücksichtigung dieser Daten wird mit dem Applikationskartenservice eine Applikationskarte erstellt und in das Assistenzsystem übertragen.

Das digitale Assistenzsystem besteht aus dem Applikationskartenmodul sowie zwei weiteren Komponenten, dem AssSys-Service und dem AssSys-WebPortal. Der Webservice AssSys-Service ermöglicht über eine definierte Schnittstelle, das Assistenzsystem zum Beispiel in einem Farm-Management-System einzubinden. Dieser Webservice bietet die Möglichkeit, das Assistenzsystem auch in bestehenden Oberflächen zu nutzen. Das Ass-

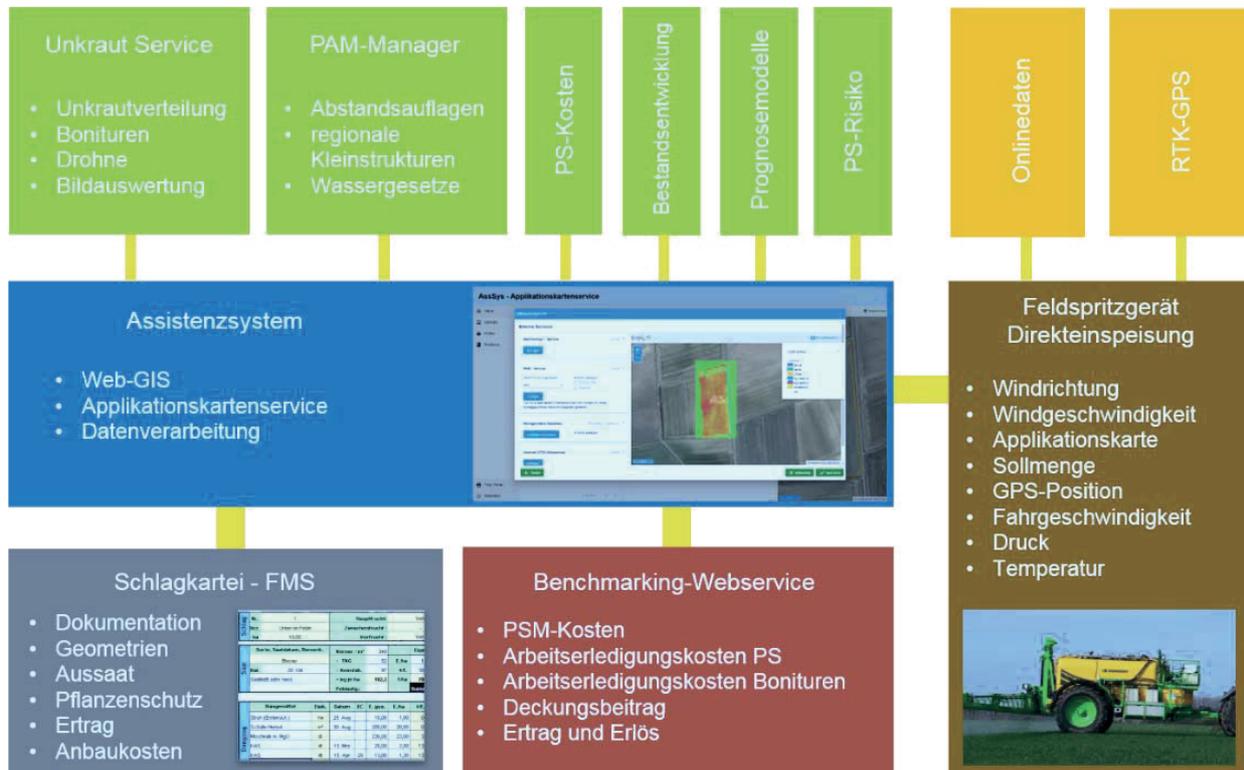


Abb. 1. Systemarchitektur des Assistenzsystems zur teilflächenspezifischen Applikation.

Sys-WebPortal bietet dem Anwender eine grafische Oberfläche mit der die Prozesse des Applikationskartenmoduls gesteuert, ergänzt und dargestellt werden (POHL et al., 2020a).

Für einen großen Funktionsumfang und zur Steigerung der Anwenderakzeptanz ist eine hohe Interoperabilität erforderlich. Hierfür erfolgt die Einbindung prozessrelevanter Eingangsparameter für die Erstellung der Applikationskarten über eine weitere offene dokumentierte Schnittstelle nach ISOXML-Standard oder basierend auf XML oder GML. So kann der Service herstellerunabhängig von allen Farm Management Informationssystemen (FMIS) und Ackerschlagkarteien in den Prozessablauf integriert werden. Die Übertragungsprotokolle nach dem REST Paradigma ermöglichen eine standardisierte Software zur Software Kommunikation, was für eine breite Akzeptanz sorgen soll. Die für das Assistenzsystem benötigten Daten wurden im Rahmen des Projekts definiert. Für die Anwendung von Fungiziden wird, basierend auf einer von ZEPP im Projekt zu entwickelnden Modellierungsmethodik, eine Applikationskarte erstellt und über eine offene ISOXML Schnittstelle an das Assistenzsystem übertragen. Für die Darstellung der Applikationskarte mit darin enthaltenen Sach- und Geodaten werden dem Anwender eine WebGIS-Anwendung (AssSys-WebPortal) als Web-Map-Services (WMS) oder Web-Feature-Services (WFS) zur Verfügung gestellt. Gleiches gilt für die Anwendung von Herbiziden, die auf Basis der Unkrauterfassung eingesetzt werden sollen. Nach der Applikation werden die aufgenommenen Maschinendaten über eine Schnittstelle zurück an den Applikationskartenservice übertragen und aufbereitet. Die Ergebnisse und zusätzlich erhobene Online-Daten der Applikation werden zur Dokumentation der Arbeits- und Applikationsprozesse verarbeitet.

In Deutschland gibt es eine Vielzahl verschiedenster Kulturarten, die im landwirtschaftlichen Umfeld in mehr oder weniger großem Umfang angebaut werden. Aus diesem Grund lag die Fokussierung auf der Leitkultur Winterweizen. Die Untersuchungen wurden daher zunächst auf Getreide beschränkt, da diese mit einer Anbaufläche von ca. 6 Millionen Hektar die bedeutendste Kultur darstellen und Getreide auch in allen Regionen Deutschlands angebaut wird. Der Arbeitsplan des Vorhabens gliedert sich in sechs inhaltliche Schwerpunkte, die die Grundlage der Arbeitspakete bilden. Ergänzt werden die thematischen Schwerpunkte durch ein themenübergreifendes siebtes Arbeitspaket, das neben organisatorischen Inhalten basierend auf Praxiseinsätzen das Assistenzsystem technisch, pflanzenbaulich und wirtschaftlich analysiert.

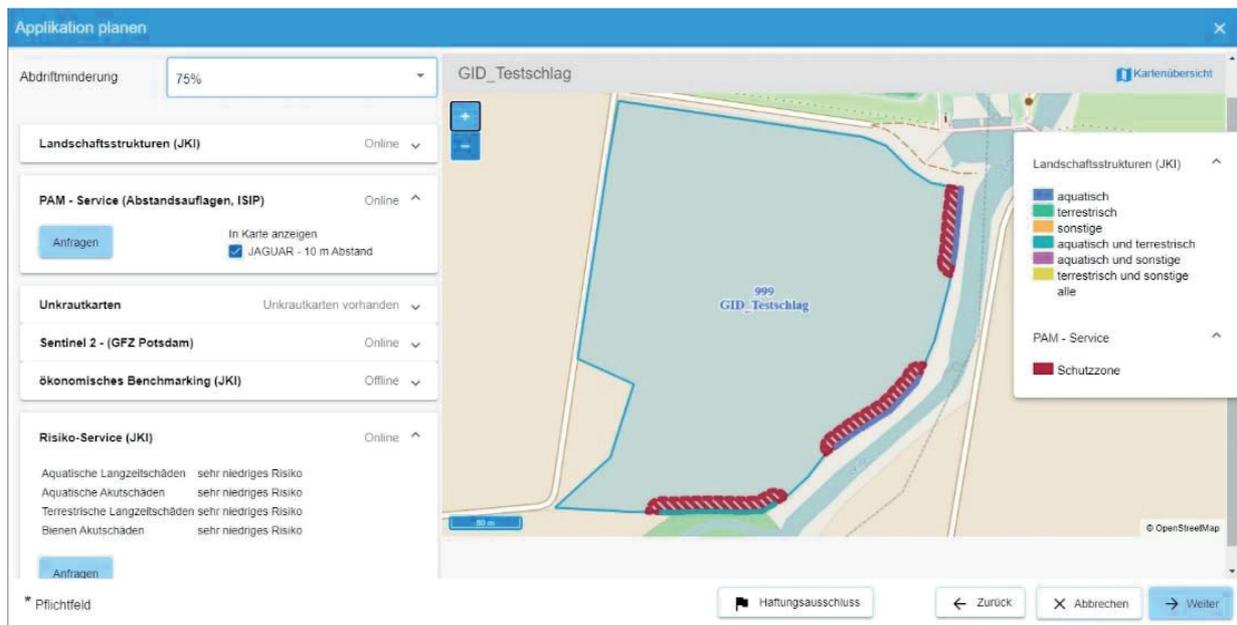
Für die Feldversuche im Projekt Assistenzsystem wurden Ackerflächen auf dem Versuchsbetrieb des JKI in Sickte genutzt. Es sollten Testflächen sein, auf denen bisher ein normales Unkrautvorkommen aufgetreten ist, um ein breites Herbizidspektrum einsetzen zu können. Die Testschläge wurden auf Grundlage unterschiedlicher klimatischer Bedingungen und Bodenverhältnisse zur Überprüfung des Assistenzsystems ausgewählt und GPS-gestützte Feldbonituren durchgeführt. Dies erfolgte durch

manuelle Feldbegehungen, per App und luftgestützte Vegetationserfassung mittels Drohnen (Einzelpflanzen und Pflanzendeckungsgrad) zu verschiedenen Zeiten während der Vegetationsperioden bzw. vor und nach Pflanzenschutzmaßnahmen. Anschließend erfolgte die Datenaufbereitung für die Systemintegration sowie für Prognose- und Entscheidungsmodelle. Abschließend erfolgte die Validierung des Assistenzsystems durch die Feldversuche und die Überprüfung und Anpassung der einzelnen Systemkomponenten (Identifikation, Navigation, Applikation). Die Zusammenführung und Nutzung von unterschiedlichen pflanzenschutzrelevanten Webservices und die Implementierung in bzw. die Erweiterung von bestehenden FMIS war eines der wichtigsten Ziele im Projekt (POHL et al., 2020b).

Abbildung 2 zeigt die Version Oktober 2019 des Assistenzsystems in der Maske der externen Webservices. Die Services werden online, also in Echtzeit angesprochen und können individuell vom Nutzer nach Bedarf abgefragt werden. In der Kartenübersicht ist die Schlaggeometrie zu erkennen, sowie die erkannten Saumstrukturen und die für das ausgewählte Pflanzenschutzmittel ermittelten Schutzzonen.

## Diskussion

Mit der Entwicklung des Assistenzsystems wird die für die Technologie des digitalen Pflanzenschutzes notwendige Infrastruktur bereitgestellt, mit deren Hilfe eine teilflächenspezifische Applikation ohne Restmengen in der Praxis umgesetzt werden kann (POHL et al., 2017). Dies ist eine Grundvoraussetzung dafür, dass sich die Technologie der Direkteinspeisung sowie Automatisierung und andere Anwendungstechnik am Markt zukünftig etablieren kann (KREBS et al., 2015). Darüber hinaus ist das Assistenzsystem in der Lage, den Anwender beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im gesamten Prozessverlauf, von der Planung der Maßnahme bis zur abschließenden Dokumentation unterstützend zu begleiten. Dieser Sachverhalt stärkt sowohl den Anwenderschutz als auch den Schutz des Naturhaushalts, da gesetzliche Anforderungen sowie Vorgaben eines sach- und fachgerechten Pflanzenschutzes in Form von Entscheidungsunterstützung oder automatischer Prozessführung umgesetzt werden. Durch Optimierung des Zeitpunkts der Pflanzenschutzmaßnahme sowie der Prozessparameter und einer ökonomischen Bewertung können Ressourcen geschont werden. Ergebnisse der Bewertung zur teilflächenspezifischen Behandlung zeigen im Vergleich zu einer betriebsüblichen Variante eine wirtschaftliche Kosteneinsparung von ca. 35 % (RAJMIS & KARPINSKI, 2020). Die im Assistenzsystem erzeugten Daten lassen sich vom Anwender in seine FMS/FMIS integrieren und sind somit für das Betriebsmanagement weitgehend nutzbar. Zudem trägt das Assistenzsystem zur Digitalisierung und Automatisierung der Prozesse in der Landwirtschaft bei, weil die Methodik und Vorgehensweise auf andere landwirtschaftliche Prozesse übertragbar ist.



**Abb. 2.** Assistenzsystem in der Maske der externen Services. Auf der rechten Seite ist die Schlaggeometrie mit den Saumstrukturen und angezeigten Schutzzonen zu erkennen.

## Fazit

In welchem Umfang der Einsatz von Precision Spraying zu einer Reduktion von Pflanzenschutzmitteln führt, hängt von vielen schlagspezifischen Faktoren ab, u. a. von der feldinternen Heterogenität, der Fruchtfolge und der Produktionsintensität. Geräte mit Direkteinspeisung ermöglichen die Umsetzung teilflächenspezifischer Pflanzenschutzmaßnahmen, bei denen einzelne Mittel gezielt und getrennt voneinander ausgebracht werden können. Dafür bedarf es aber einer entsprechenden digitalen Infrastruktur, um die technischen Möglichkeiten der Direkteinspeisung vollumfänglich nutzen zu können. Das digitale Assistenzsystem ist ein erster Schritt, um die dafür notwendigen Informationen zu identifizieren, deren Verarbeitung für den Praktiker handhabbar zu gestalten und den zukünftigen Nutzen teilflächenspezifischer Strategien zu prüfen und zu bewerten. Das im Rahmen des Projektes genutzte Pflanzenschutzgerät mit Direkteinspeisung ist seit 2017 marktverfügbar und wird derzeit zusammen mit dem digitalen Assistenzsystem in der Praxis getestet. Letzteres soll der Praxis ab 2023 zur Verfügung stehen.

## 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

des Programms zur Innovationsförderung. (ptBLE, FKZ: 2814907515).

## Literatur

- FLEUREN, T., 2009: iGreen - Landwirtschaft der Zukunft. ICSY Report, TU Kaiserslautern, 4, 1-2.
- KREBS, M., D. RAUTMANN, H. NORDMEYER, J.K. WEGENER, 2015: Entwicklung eines Direkteinspeisungssystems ohne Verzögerungszeiten zur Pflanzenschutzmittelapplikation. *Landtechnik* **70** (6), 238-253.
- POHL, J.-P., D. RAUTMANN, D. VON HÖRSTEN, H. NORDMEYER, M. KREBS, 2016: Präzise Unkrautbekämpfung durch Direkteinspeisung. *Der Pflanzenerzt* **69**, 12-14.
- POHL, J.-P., RAUTMANN, D., NORDMEYER, H., VON HÖRSTEN, D., 2017: Site-specific application of plant protection products in Precision Farming by direct injection. *Advances in Animal Biosciences* **8**(2), 255-258. doi:10.1017/S2040470017000255.
- POHL, J.-P., D. VON HÖRSTEN, J.K. WEGENER, B. GOLLA, I. KARPINSKI, S. RAJMIS, C. SINN, H. NORDMEYER, C. WELLHAUSEN, B. KLEINHENZ, M. HERRMANN, H. DUNEKACKE, A. MATTHIESEN, F. VON BARGEN, D. JAHNCKE, D. FEISE, M. RÖHRIG, R. SANDER, 2020a: Assistenzsystem für den teilflächenspezifischen Einsatz von Herbiziden. In: Nordmeyer, H., L. Ulber (Eds.): Tagungsband 29. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 3.-5. März 2020, Braunschweig. *Julius-Kühn-Archiv* **464**, 216-221, DOI: 10.5073/jka.2020.464.033.
- POHL, J.-P., D. VON HÖRSTEN, J.K. WEGENER, 2020b: Digitales Assistenzsystem zur teilflächenspezifischen Applikation mit Direkteinspeisung von Pflanzenschutzmitteln: Assistenzsystem zur teilflächenspezifischen Applikation. In: Gandorfer, M., A. Meyer-Aurich, H. Bernhardt, F.X. Maidl, G. Fröhlich, H. Floto (Eds.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft: Fokus: Digitalisierung für Mensch, Umwelt und Tier; Referate der 40. GIL-Jahrestagung, 17. - 18. Februar 2020, Campus Weihenstephan, Freising, 15-20.
- RAJMIS, S., B. GOLLA, B. UHL, D. MARTINI, H. KEHLENBECK, 2016: Ökonomische Bewertung eines Entscheidungshilfesystems im Pflanzenschutz am Beispiel von Winterweizen (PAM - Pesticide Application Manager). *Julius-Kühn-Archiv* **454**, 551-552.
- RAJMIS, S., I. KARPINSKI, 2020: Ökonomische Bewertung der teilflächenspezifischen Unkrautbekämpfung. In: Nordmeyer, H., L.

- Ulber (Eds.): Tagungsband 29. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 3. - 5. März 2020, Braunschweig. Julius-Kühn-Archiv **464**, 36-46, DOI: 10.5073/jka.2020.464.004.
- SCHEIBER, M., C. FEDERLE, J. FELDHAUS, B. GOLLA, B. HARTMANN, B. KLEINHENZ, D. MARTINI, M. RÖHRIG, 2015: Automatisch auf Abstand. DLZ-Agrarmagazin **4**, 70-75.
- WEGENER, J.K., L.-M. URSO, D. VON HÖRSTEN, H. HEGEWALD, T.-F. MINßEN, J. SCHATTEBERG, C.-C. GAUS, T. DE WITTE, H. NIEBERG, F. ISERMEYER, L. FRERICHS, G.F. BACKHAUS, 2019: Spot farming – an alternative for future plant production. Journal für Kulturpflanzen **71** (4): 70-89, DOI: 10.5073/JfK.2019.04.02.
- WEGENER, J.K., 2020: Gezielter und flexibler – Trends in der Pflanzenschutztechnik. In: FRERICHS, L. (Ed.): Jahrbuch Agrartechnik 2019, Band 31, 1-7, DOI: 10.24355/dbbs.084-202001201531-0.

© Der Autor/Die Autorin 2021.

 Dies ist ein Open-Access-Artikel, der unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0) zur Verfügung gestellt wird (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).

© The Author(s) 2021.

 This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).