

Teilflächenspezifische Unkrautbekämpfung durch Direkteinspeisung - eine Innovation zur präzisen Applikation im Pflanzenbau

Site-specific weed control by direct injection - an innovation for precision spraying in crop production

Jan-Philip Pohl^{1*}, Dirk Rautmann¹, Henning Nordmeyer², Dieter von Hörsten¹

¹Julius Kühn-Institut, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

²Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

*Korrespondierender Autor, jan-philip.pohl@julius-kuehn.de

DOI 10.5073/jka.2018.458.055



Zusammenfassung

Oft werden in der Landwirtschaft Tankmischungen mit mehreren Pflanzenschutzmitteln (PSM) eingesetzt, wodurch eine teilflächenspezifische Applikation einzelner PSM unmöglich wird. Bei Direkteinspeisesystemen ist dagegen ein teilflächenspezifischer Einsatz möglich, da PSM und Wasser aus getrennten Behältern in Echtzeit dosiert und erst kurz vor der Anwendung vermischt werden, ohne Restmengen zu verursachen. Die technische Umsetzung in praxistaugliche Geräte, welche allen Anforderungen an Dosierung, Reaktionszeit und Reinigung/Restmengen gerecht werden, soll mit einem Feldspritzgerät mit Direkteinspeisung erfüllt werden. Hierzu wurde ein Feldspritzgerät mit Direkteinspeisung entwickelt und in Praxistests eingesetzt. Ziel der Versuche war die Zuverlässigkeit des Systems und die Auswirkungen der ortsspezifischen Applikation unter Feldbedingungen zu bewerten. Hierfür wurde das System intensiv geprüft, wobei die Optimierung der Handhabung und der Elektronik sowie die Erprobung im praktischen Betrieb eine hohe Bedeutung hatten. Die Ergebnisse zeigen, dass ein praxiserrechtes System zur verzögerungsfreien Direkteinspeisung realisiert werden kann und eine teilflächenspezifische Anwendung verschiedener Pflanzenschutzmittel möglich ist.

Stichwörter: Direkteinspeisungssystem, Herbizideinsparung, teilflächenspezifische Applikation, Unkraut, Unkrautbekämpfung

Abstract

In agriculture tank mixes with several pesticides are often used, where it is impossible to apply individual pesticides to specific areas. However, direct injection systems can be used for the specific use of individual pesticides on a sub-area basis, since they dose pesticides and water from separate containers in real time and mix them before application without causing residues. The technical conversion into practical equipment, which meets all requirements for dosage, reaction time and cleaning/residual quantities, is to be fulfilled with a fieldsprayer prototype with direct injection. In the practical tests a fieldsprayer with direct injection was developed and used. The aim of the project was to carry out an intensive examination of the direct injection under field conditions to assess the reliability of the system and the effects of the site-specific application. An important question in this context is the optimization of handling and electronics as well as the application in practical operation. The results show that a practical system for instantaneous direct injection could be implemented and that it is possible to use different crop protection agents for specific areas.

Keywords: Direct injection system, herbicide reduction, site-specific application, weed, weed control

Einleitung

Das System der Direkteinspeisung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) für Feldspritzgeräte ermöglicht im Ackerbau eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung des Pflanzenbestandes. Durch Teilflächenapplikation von PSM kann die Menge an PSM bei heterogenem Aufkommen von Schaderregern oder Unkräutern reduziert werden, wenn die Schadensschwelle in Teilflächen unterschritten wird und damit keine Applikation indiziert ist, ohne dass Ertragsdepressionen zu erwarten sind. Durch die gezielte Applikation kann PSM eingespart und die Wirtschaftlichkeit des Pflanzenbaus intensiviert werden ohne die Belastung der Umwelt zu erhöhen. Um Feldüberfahrten einzusparen, werden bisher üblicherweise Tankmischungen mit mehreren PSM eingesetzt, was eine teilflächenspezifische Anwendung einzelner Pflanzenschutzmittel unmöglich macht. Eine Lösung dieses Problems bietet das System der Direkteinspeisung auf Feldspritzgeräten. Die Vorteile der Direkteinspeisung sind, dass auch bei einer

teilflächenspezifischen Behandlung, mit vorher unbekannter Behandlungsfläche, keine Restmengen an Spritzflüssigkeit entstehen, da sich nur klares Wasser im Tank befindet bzw. die Spritzbrühe unmittelbar vor der Behandlung angemischt wird.

Bisher entwickelte Direkteinspeisesysteme konnten sich in der Praxis nicht durchsetzen, weil die Verzögerungszeiten zwischen der Einspeisung von Pflanzenschutzmitteln und der Ausbringung zu groß waren. Weitere Probleme betrafen die Dosiergenauigkeit in Abhängigkeit von den rheologischen Eigenschaften des Pflanzenschutzmittels (Elastizität, Viskosität, Plastizität) und der Umgebungstemperatur sowie die Reinigung des Systems und den Umgang mit dem dabei anfallenden Spülwasser. Um der Lösung dieser Probleme näher zukommen, wurde ein Verbundprojekt zwischen der Firma Herbert Dammann GmbH, dem Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz und dem Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland des Julius Kühn-Instituts in Braunschweig initiiert. Im Rahmen eines BLE-Innovationsprojektes wurde ein Feldspritzgerät mit Direkteinspeisung entwickelt und gebaut, welches sich aktuell im intensiven Praxiseinsatz befindet. Dabei soll unter anderem der kleinräumige Mittelwechsel getestet, die Anwenderfreundlichkeit des Systems und der Betrieb im praktischen Einsatz geprüft & verbessert werden.

Material und Methoden

Um die Applikationsgenauigkeit des Direkteinspeisungssystems zu überprüfen, wurden in einem Feldversuch auf einer mit Grünroggen bewachsenen Ackerfläche Spritzparzellen angelegt. Das Einmessen der Parzellen erfolgte mit Hilfe von RTK-GPS (Trimble Geo 7x mit Referenzsignal über Mobilfunk) auf 2 cm genau, so dass nach dem Vermessen eine georeferenzierte Applikationskarte erzeugt werden konnte. Anhand dieser Karte sollte der Prototyp der Feldspritze die komplette Fläche abfahren und die ausgewählten Parzellen mit zwei verschiedenen Aufwandmengen eines nichtselektiven Herbizides behandeln. Die Parzellen wurden so angelegt, dass mit unterschiedlichen Parzellengrößen ganz verschiedene Teilbreitenkombinationen und Längen abgerufen wurden. Hinzu kommen die Einsätze des Feldspritzgerätes auf zwei Praxisbetrieben, die weitere Erfahrungen einbringen.

Der Prototyp, ein Anhängerspritzgerät, hat eine Arbeitsbreite von 30 m und besteht aus einem Hauptbehälter, der in vier einzelne Behälter unterteilt ist. Zwei Behälter versorgen die Spritzsysteme (System I, System II). Weitere Behälter sind der Frischwasserbehälter mit 500 l und der Spülflüssigkeitsauffangbehälter mit 200 l Fassungsvermögen. Am Gestänge befinden sich zwei parallele Düsenleitungen. Jeder Düsenleitung ist eine Direkteinspeiseeinheit, bestehend aus PSM-Behälter und Dosierpumpe, sowie je eine eigene hydraulisch angetriebene Kolbenmembranpumpe zur Förderung der Trägerflüssigkeit, zugeordnet. In Spritzsystem I ist zusätzlich eine weitere Dosiereinheit mit kleinerem Vorratswechselbehälter verbaut. Diese wird dazu benötigt, einen möglichst großen Bereich von Ausbringmengen abzudecken. Hierzu sind eine kleine und zwei große Direkteinspeisepumpen am Gerät verbaut. Es ergeben sich zwei Systeme auf einem Fahrgestell, die voneinander unabhängig voll funktionstüchtig sind. Der Wasserbehälter von System I ist zusätzlich mit einem Rührwerk und Reinigungsdüsen ausgestattet, so dass hier zudem die Möglichkeit besteht, neben der Direkteinspeisung mit einer Tankmischung zu arbeiten. Das Gerät ist für diesen Zweck mit einer Einspülschleuse ausgerüstet. Somit können auch fest formulierte Pflanzenschutzmittel mit dem Gerät appliziert werden.

Die Versuchsfläche umfasste vier Fahrgassen mit jeweils einer Gerätearbeitsbreite von 30 m. In Abbildung 1 ist die Aufteilung der Versuchsfläche dargestellt. Alle dunkelgrau eingefärbten Parzellen sollten mit einem glyphosathaltigen Herbizid (Taifun Forte, 360 g/l) und mit einer Aufwandmenge von 2,0 l/ha behandelt werden. Die grau eingefärbten Parzellen werden mit einem glyphosathaltigen Herbizid (Taifun Forte, 360 g/l) und mit einer Aufwandmenge von 1,0 l/ha behandelt. Die hellgrau hinterlegten Parzellen bleiben unbehandelt. Die Ackerfläche wurde in drei verschiedene Applikationszonen aufgeteilt. Diese Flächen simulieren Teilflächen auf denen zum Beispiel die Schadschwelle nicht überschritten wird und eine Applikation somit nicht nötig

ist. Die Anordnung der Parzellen ist so gewählt, dass mit den beiden Systemen des Feldspritzgerätes möglichst unterschiedliche Schaltprozesse und Teilbreiten in verschiedensten Kombinationen überprüft werden können. Ein besonderes Augenmerk liegt auf den schmalen Parzellen, bei denen nur eine Teilbreite beziehungsweise wenige Düsen eingeschaltet sind, um zu zeigen, wie das Gerät mit geringen Dosiermengen (KREBS, 2015) arbeitet.

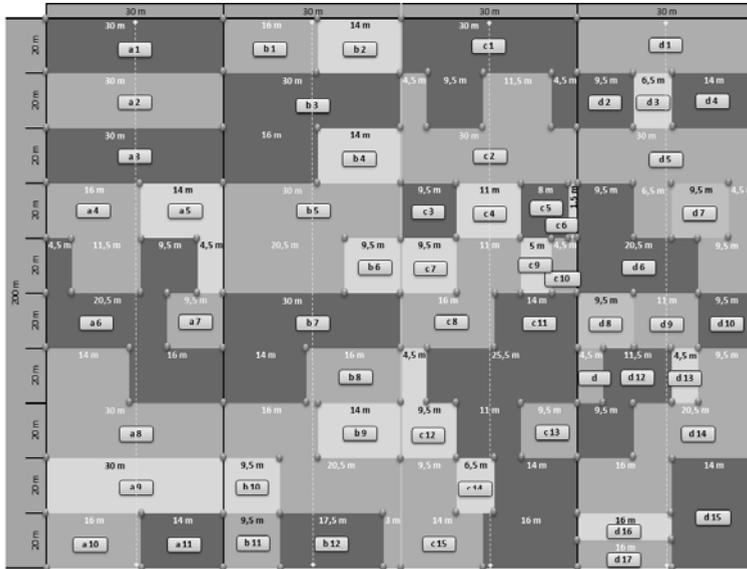


Abb. 1 Versuchsplan für teilflächenspezifische Applikation (dunkelgraue Flächen 2l/ha Aufwandmenge, graue Flächen 1l/ha Aufwandmenge, hellgraue Flächen unbehandelt). Die Parzellennummer (a1, a2,...) gibt mit dem Buchstabe die Fahrgasse an und ist dann durchlaufend nummeriert, um jede Parzelle eindeutig zu identifizieren. Die gestrichelten Linien zeigen die Fahrwege im Versuch.

Fig. 1 Experimental design for site-specific application (dark grey areas 2l/ha application rate, grey areas 1l/ha application rate, light grey areas untreated). The plot number (a1, a2,...) indicates the driving lane with the letter and is numbered consecutively in order to uniquely identify each plot. The dashed lines show the driveway in the fieldtest.

Der Versuchsplan (Abb. 1) wurde in eine Applikationskarte übertragen, so dass das Feldspritzgerät danach die Versuchsfläche behandeln kann. Ziel des Versuches war es, Unterschiede bei der Dosierung sichtbar zu machen. Desweiteren sollten die Parzellen mit dem Feldspritzgerät randscharf appliziert werden. Das eingesetzte nicht-selektive Herbizid dient zum Sichtbarmachen der drei Zonen. Dazu wurden Luftbilder der Versuchsfläche 11 Tage nach der Applikation erstellt und ausgewertet. Es erfolgten Befliegungen (NORDMEYER, 2006) mit einem Hexakopter und einer RGB-Kamera sowie einer Infrarotkamera in 50 m Flughöhe. Die entstandenen Einzelbilder ergeben ein RGB- und ein Spektralluftbild der Versuchsfläche, das auf 2 cm genau georeferenziert wurde. Der Versuch kann mit Hilfe dieser Orthofotos exakt analysiert werden, alle Parzellen konnten genau vermessen werden. Die Vermessung sowie das erzeugte Spektrallbild lassen genaue Rückschlüsse auf die Funktion der Direkteinspeisung zu.

Ergebnisse

Die ersten Erfahrungen mit dem Feldspritzgeräteprototyp zeigen, dass praxistaugliche Systeme zur verzögerungsfreien Direkteinspeisung realisierbar sind. Die Parzellen waren in Fahrtrichtung entsprechend der vorgegebenen Arbeitsbreite präzise behandelt worden. In wenigen Parzellen konnte ein verzögerter Konzentrationsaufbau von der Gestängemitte nach außen beobachtet

werden (Abb. 2). Ungenauigkeiten bei der Durchflussmessung führten zu einer Über- bzw. Unterdosierung. Diese Fehlfunktion konnte mittlerweile behoben werden.

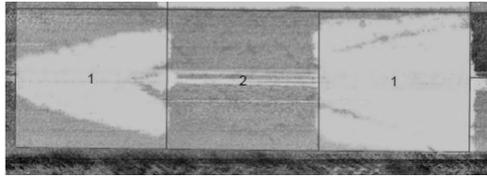


Abb. 2 Luftbildausschnitt der Versuchsfläche mit verzögertem Konzentrationsaufbau.

Fig. 2 Aerial image of the experimental area with delayed concentration build-up.

Wirkungsbonituren haben die parzellenscharfe Applikation nachgewiesen und die Dosiergenauigkeit der Direkteinspeisungssysteme bestätigt. Beim Ein- und Ausschalten am Anfang bzw. Ende der Parzellen zeigte sich, dass das Feldspritzgerät durch die Funktion des Gestängevorladens verzögerungsfrei arbeitet. In Abbildung 3 ist zu erkennen, wie exakt das Feldspritzgerät die vorher eingemessene Parzelle appliziert hat. Der Markierstab zeigt das Ende der Parzelle an.



Abb. 3 Versuchsparzelle mit Markierungsstab.

Fig. 3 Test plot with marking stick.

Die Abbildung 4 zeigt die behandelten Parzellen in einem Luftbild. Die teilweise aufgetretenen Überlappungen über die Parzellengrenze hinaus waren sehr gering. Die entstandenen Überschreitungen der Sollgrenzen sind im tolerierbaren Bereich, wenn man berücksichtigt, dass ein GPS-Signal ohne RTK Genauigkeit auf der Feldspritze eingesetzt wurde. Der Versuchsplan hat eine Abfolge verschiedenster Parzellen vorgesehen. Dies heißt im Detail, dass verschiedene Längen und Breiten der Parzellen auf die Gesamtarbeitsbreite der Feldspritze abgestimmt sind.



Abb. 4 Luftbildausschnitt der Versuchsfläche 11 Tage nach der Herbizidapplikation.

Fig. 4 Aerial image of the experimental area 11 days after herbicide application.

Die Wirkungsbonituren der Behandlung haben die Dosiergenauigkeit der Direkteinspeisungssysteme bestätigt. Gut zu erkennen ist dies am Spektralluftbild (Abb. 5). An der einheitlichen Grünfärbung wird deutlich, dass es zwischen den Parzellen oder innerhalb der Parzellen zu keiner Fehldosierung, also einer Abweichung von mehr als ± 5 Prozent gekommen ist. Dies führt zu dem Schluss, dass eine exakte Dosierung nach Vorgabe stattgefunden hat. Für das Spektralluftbild wurde der NDVI (normalisierter differenzierter Vegetationsindex) berechnet und somit konnte der Pflanzenzustand ermittelt werden. Je gesünder eine Pflanze ist, desto höher ist die Reflexion im nahen Infrarotbereich. Boden, Fels oder auch tote Pflanzen zeigen dagegen keinen deutlichen Unterschied des Reflexionsgrades beider Bereiche. Im erzeugten Spektralbild wurde zwischen Boden und totem Pflanzenmaterial unterschieden. Zudem lassen sie Rückschlüsse auf die photosynthetische Aktivität, Vitalität sowie die Dichte der Vegetationsdecke zu.



Abb. 5 Spektralluftbildausschnitt der Versuchsfläche 11 Tage nach der Herbizidapplikation.

Fig. 5 Spectral air image of the experimental area 11 days after herbicide application.

Diskussion

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass der Feldspritzgeräte-Prototyp mit Direkteinspeisung in der Lage ist innerhalb des Arbeitsbereiches der Dosierpumpen mit hoher Dosiergenauigkeit flüssig formulierte Pflanzenschutzmittel teilflächenspezifisch und ohne Verzögerungszeiten zu applizieren. Die Nachteile gegenüber anderer Systeme (KREBS, 2016) wurden gelöst. In der aktuellen Entwicklungs- und Testphasen haben die Applikationsversuche gezeigt, dass Bedienung und Anwenderfreundlichkeit des Prototyps weiter vereinfacht werden müssen (POHL et al., 2017). Die Wirkung der eingesetzten Herbizide war bei Einsatz der Direkteinspeisung sichergestellt. Die

gleichmäßige Pumpleistung der Dosierpumpen zeigt die exakte Funktion der Direkteinspeisung, was durch die Wirkungsergebnisse der Herbizide in den einzelnen Versuchspartellen belegt wird. Dank der gesammelten Praxiserfahrungen konnte das Feldspritzgerät wesentlich weiterentwickelt werden. Weitere Feldversuche auf Praxisflächen zur Demonstration der Praxistauglichkeit des Systems sind in der Durchführungsphase. Ziel der praxisnahen Versuche sowie des Praxiseinsatzes war es, die intensive Erprobung des Direkteinspeisungssystems, um die Funktionssicherheit des Systems und die Auswirkungen einer teilflächenspezifischen Behandlung zu bewerten und die Praxistauglichkeit zu belegen. Feldspritzgeräte mit Direkteinspeisungssystemen eröffnen neue Möglichkeiten bei der teilflächenspezifischen Applikation von Pflanzenschutzmitteln im Rahmen von Precision Farming zur Erreichung ökologischer und ökonomischer Ziele durch eine kleinräumige, differenzierte und gezielte Applikation.

Precision Farming im Pflanzenschutz, welches eine teilflächenspezifische Applikation von Pflanzenschutzmitteln voraussetzt, ist ohne die Direkteinspeisung nicht umzusetzen. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass der Feldspritzgeräte-Prototyp mit Direkteinspeisung in der Lage ist, innerhalb des Arbeitsbereiches der Dosierpumpen mit hoher Dosiergenauigkeit flüssig formulierte Herbizide per Direkteinspeisung teilflächenspezifisch und ohne Verzögerungszeiten zu applizieren. Im aktuellen Entwicklungsschritt wurden die Bedienung und Anwenderfreundlichkeit des Prototyps vereinfacht. Hierzu sind viele Informationen von den Praxisbetrieben gesammelt und umgesetzt worden, wie zum Beispiel die Reduktion der Anzahl von Bedienterminals.

Literatur

- KREBS, M., D. RAUTMANN und H. NORDMEYER, 2016: Situationsgerechte Unkrautbekämpfung durch Direkteinspeisung von Pflanzenschutzmitteln. *Julius-Kühn-Archiv* **452**, 232-240.
- KREBS, M., D. RAUTMANN, H. NORDMEYER und J.-K. WEGENER, 2015: Entwicklung eines Direkteinspeisungssystems ohne Verzögerungszeiten zur Pflanzenschutzmittelapplikation. *Landtechnik* **70**(6), 238-253.
- NORDMEYER, H., 2006: Reduction program for chemical plant protection - Contribution of the area-specific weed control. *News sheet of the German Plant Protection Service* **58**, 317-322.
- NORDMEYER, H. und M. PFLANZ, 2016: Aus der Vogelperspektive betrachtet: Drohnen helfen bei der Unkrautbekämpfung. *Der Pflanzenarzt* **69**, 7-9.
- POHL, J., D. RAUTMANN, H. NORDMEYER und D. VON HÖRSTEN, 2017: Site-specific application of plant protection products in Precision Farming by direct injection. *Advances in Animal Biosciences* **8**(2), 255-258.